RADIO UND FERNSEHEN

ZEITSCHRIFT FÜR RADIO, FERNSEHEN, ELEKTROAKUSTIK UND ELEKTRONIK

5. JAHRG. 14 JULI 1956



VERLAG DIE WIRTSCHAFT BERLIN NO 18

Aus dem Inhalt

SEITE

Titelbild:

Das Angebot an Rundfunkgeräten in den Warenhäusern Volkschinas wird ständig größer.

Foto: Zentralbild

Die Ultrakurzwellenausbreitung im Juni 1956

nach Beobachtungen des Observatoriums Kühlungsborn, Meteorologischer und Hydrologischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik

Datum	Fernempfang über Land (200 km Senderentfernung)					Wetterlage	Fernempfang über See (180 km Senderentfernung)				
	Δ dB	Fading-typ f	Fading-typ m	Fading-typ a	Bemerkungen		Δ dB	Fading-typ f	Fading-typ m	Fading-typ a	Bemerkungen
1	2	3			4	5	6	7			8
1.	0	3	3	2	—	Tiefausläufer	+ 4	3	3	3	—
2.	0	2	3	3	Tagesgang	Hochnordrand	+ 10	2	3	2	freie Inversion
3.	+ 1	3	3	3	—	Südwestlage	+ 2	3	3	3	—
4.	— 2	3	3	3	—	Südwestlage	— 1	2	2	3	—
5.	— 3	3	3	3	—	Südwestlage	0	2	2	3	—
6.	— 4	3	3	3	—	Südwestlage	+ 3	2	2	2	—
7.	— 2	3	3	3	Tagesgang	Südwestlage	+ 1	2	3	2	—
8.	— 3	3	3	2	—	Höhentief	0	2	2	2	—
9.	+ 1	3	3	2	—	Höhentief	+ 9	2	2	2	stabile Schichtung
10.	+ 3	2	3	2	—	Höhentief	+ 2	2	3	2	—
11.	— 5	3	3	3	—	Höhentief	— 2	3	3	3	—
12.	— 6	3	3	3	—	Höhentief	0	2	2	3	—
13.	+ 1	3	3	3	—	Tiefdruckrand	+ 1	3	3	3	—
14.	+ 2	2	3	3	—	Tiefdruckrand	— 1	3	3	3	—
15.	+ 3	3	3	3	—	Tiefdruckrand	+ 1	2	3	3	—
16.	— 1	2	3	3	—	Tiefdruckrand	— 5	3	3	3	—
17.	— 5	3	3	3	—	Tiefdruckrand	+ 2	2	2	2	—
18.	— 1	2	3	2	—	Tiefdruckkern	+ 5	2	2	2	—
19.	+ 3	2	3	3	—	Zwischenhoch	+ 1	2	3	3	—
20.	— 4	3	3	3	labile Schichtung	kühle Meeresluft	— 5	3	3	3	labile Schichtung
21.	0	2	3	2	—	Kühle Meeresluft	— 4	2	2	2	labile Schichtung
22.	+ 2	2	3	2	—	Tiefdruckrand	+ 3	2	2	2	—
23.	— 1	1	3	2	—	Tiefdruckrand	— 1	1	2	2	—
24.	+ 8	2	2	1	freie Inversion	Hochdruckkeil	+ 11	1	2	2	freie Inversion
25.	+ 13	1	2	1	freie Inversion	Hochdruckkeil	+ 15	2	2	2	freie Inversion
26.	+ 1	2	3	3	—	kühle Meeresluft	+ 1	2	3	3	—
27.	— 5	3	3	3	labile Schichtung	kühle Meeresluft	— 4	3	3	3	labile Schichtung
28.	— 5	3	3	3	labile Schichtung	kühle Meeresluft	— 7	3	3	3	labile Schichtung
29.	— 3	3	3	3	—	kühle Meeresluft	0	3	3	2	—
30.	+ 2	2	3	3	—	Hochdruckkeil	0	3	3	2	—
Monatsmittel	0						+ 1				

Spalte 2: ΔdB = Abweichung des Tagesmittels der Empfangsfeldstärke vom Normalwert, angegeben in Dezibel.

Spalte 3: Der Fadingtyp kennzeichnet die beim UKW-Fernempfang auftretenden kurzzeitigen Feldstärkeschwankungen. Er wird angegeben für die Tageszeiten frühmorgens (f), mittags (m) und abends (a):

1 = stabiler Empfang, meist hohe Feldstärken, keine wesentlichen Änderungen während einer oder mehrerer Stunden.

2 = langsames Fading, Feldstärkemittel meist noch übernormal, tiefes Fading von 10 bis 30 dB mit einer Periode von 10 bis 30 Minuten.

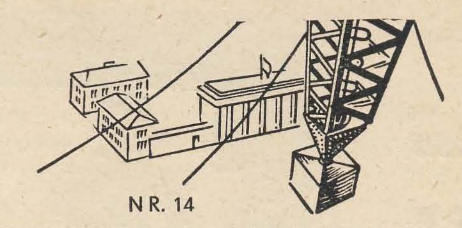
3 = schnelles Fading, Feldstärkemittel normal bis unternormal, tiefes Fading von 10 bis 30 dB mit einer Periode von einer Sekunde bis zu wenigen Minuten.

Verlag „Die Wirtschaft", Verlagsdirektor Walter Franze

Verantwortlicher Fachredakteur: Ing. Giselher Kuckelt, Berlin NO 18, Am Friedrichshain 22, Fernruf: 530871, Fernschreiber: 1448. Veröffentlicht unter Lizenznummer 4102 des Amtes für Literatur und Verlagswesen der Deutschen Demokratischen Republik. — **Anzeigenannahme:** Verlag „Die Wirtschaft", Berlin NO 18, Am Friedrichshain 22, und alle Filialen der DEWAG-Werbung. Zur Zeit gültige Preisliste Nr. 1. — **Druck:** Tribüne-Verlag, Druckerei III, Leipzig III/18/36. — Nachdruck und Auszüge nur mit Quellenangabe gestattet. Alle weiteren Rechte vorbehalten. — Die Zeitschrift „Radio und Fernsehen" erscheint zweimal im Monat; Einzelheft 2,– DM. Bestellungen nehmen entgegen: für die Deutsche Demokratische Republik: sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der Verlag DIE WIRTSCHAFT, Berlin; für die Deutsche Bundesrepublik: sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der Verlag DIE WIRTSCHAFT, Berlin, Auslieferung erfolgt über HELIOS Literatur-Vertriebs-Ges. m. b. H. Berlin-Borsigwalde, Eichborndamm 141—167; für das Ausland: UdSSR: Meshdunarodnaja Kniga, Moskau 200, Smolenskaja P. 32/34; Volksrepublik China: Guozi Shudian, 38, Suchoi Hutung, Peking; Volksrepublik Polen: Prasa i Ksiazka, Foksal 18, Warszawa; Tschechoslowakische Republik: Artia A.G., Ve Smečkách 30, Praha II; Ungarische Volksrepublik: „Kultura", P.O.B. 149, Budapest 62; Rumänische Volksrepublik: CARTIMEX, Bukarest 1, P.O.B. 134/135; Volksrepublik Bulgarien: Raznoiznos, 1, Rue Tzar Assen, Sofia; Volksrepublik Albanien: Ndermarrja Shtetnore Botimeve, Tirana; für alle anderen Länder: Verlag DIE WIRTSCHAFT, Berlin NO 18, Am Friedrichshain 22.

RADIO UND FERNSEHEN

5. JAHRGANG 2. JULIHEFT NR. 14



CQ, DHZ und VEB, *bitte kommen!*

In der sowjetischen Zeitschrift „Ogonjok"[1]) fanden wir unter der Überschrift „Ein neuer diagnostischer Apparat" die Beschreibung eines Vektorkardiografen, der von einem Abteilungsleiter eines Sanatoriums, also augenscheinlich von keinem ausgesprochenen Elektronik-Fachmann, konstruiert wurde, denn es heißt dort unter anderem „... hat sich in seiner Freizeit immer als Bastler und Amateur auf radiotechnischem Gebiet betätigt. So hat er auch diesen neuen Apparat konstruiert...".

Vielleicht ist der Leser erstaunt, wenn er feststellt, daß nach dieser Einleitung vom Leben und Leiden der Bastler und Amateure in unserer Republik die Rede sein soll. Aber gerade die Tatsache, daß die in der Freizeit gewonnenen Kenntnisse der elektronischen Technik so viel Anwendung in „ganz unelektrischen" Fachgebieten finden können, ist allein schon wichtig genug, die Amateure und ihre Belange nicht zu vergessen. Denken wir nur an die Aufgaben der Gesellschaft für Sport und Technik, an die Stationen Junger Techniker und an die gerade vor kurzem wieder erneut betonte Wichtigkeit der polytechnischen Erziehung an unseren Schulen, so dürften genügend Hinweise für die ernst zu nehmende Bedeutung der Amateurelektronik gegeben sein. Und seien wir doch aufrichtig: Ist es eigentlich nötig, daß eine Sache, wenn sie als gut anerkannt werden soll, unbedingt mit dem Hinweis auf ihre politische Bedeutung „untermauert" werden muß? Sind nicht Schachspielen und Briefmarkensammeln, Sport, gemeinsames Musizieren und eben auch das „Basteln" auf verschiedenen technischen Gebieten Dinge, die der normale Mensch zur Entspannung und Abwechslung braucht, die ihm sein Leben schöner und interessanter gestalten? Diese grundsätzlichen Bemerkungen seien an die Adresse derer gerichtet, die da meinen, mit dem Hinweis „unrentabel" und „volkswirtschaftlich nicht wichtig" unseren Amateuren ihre liebgewordene Neigung zum Probieren (und mitunter auch zum Erfinden!) abgewöhnen zu müssen.

Es ist schon einige Jahre lang Klage darüber geführt worden, wie wenig Möglichkeiten die Amateure haben, Spezialteile für bestimmte Sonderzwecke zu erhalten. DM 2 APM veröffentlicht in Heft 5 (1956) der GST-Zeitschrift „Der Funkamateur" einen ganzen Wunschzettel, der vom keramischen Röhrensockel über Spulenkörper mit aufgebrannter Wicklung, Spulenrevolver und Drehkondensatoren für Sender bis zu Feintrieben für Sender- und Empfängerskalen reicht.

Der Mangel an solchen Teilen, deren Liste man übrigens noch beliebig erweitern könnte, hat zwei Ursachen. Zum ersten: viele Teile werden tatsächlich nicht hergestellt. Zum zweiten: andere werden produziert oder sind zumindest aus Restbeständen irgendwo vorhanden, kommen aber nicht „an den Mann".

Zum ersten Punkt ist zu sagen: Mit einigem Verständnis bei den Werkleitungen lassen sich auch kleine Serien irgendwelcher Bauteile so fertigen, daß sie einerseits noch erschwinglich sind und zum anderen nicht den Gewinnplan des Betriebes gefährden. Aber auch bürokratische Schwierigkeiten sind vorhanden: es gibt ohne Zweifel Firmen, die bereit wären, zum Beispiel betriebsbereite Amateurempfänger zu bauen. Da aber die GST als Amateurorganisation keinen Handelsvertrag abschließen kann — denn sie kann ja keinen bestimmten Absatz garantieren—, „geht" es nicht.

Und damit sind wir bereits beim zweiten Punkt. Die Handelsorgane sind bisher zu schwerfällig gewesen. So hatte zum Beispiel ein Abteilungsleiter eines Konsumkaufhauses („Kaufhaus des Friedens" in Halle) die Möglichkeit, 7-MHz-Quarze zu einem erstaunlich niedrigen Preis einkaufen (und demzufolge auch verkaufen) zu können. Da er jedoch die Verpflichtung(!) eingehen sollte, 1000 Stück abzusetzen, konnte diese Möglichkeit nicht realisiert werden.

Seitens der Abteilung Funksport des Zentralvorstandes der GST besteht bereits eine Vereinbarung mit dem erwähnten „Kaufhaus des Friedens", wonach dessen Elektroabteilung die Amateure auf Anforderung mit den handelsüblichen Teilen beliefert. Spezialteile jedoch sind dort nicht zu erhalten — weil der Handel kein „Risiko' eingehen will. Wir sind der Meinung, daß man ihn dann eben ausschalten und einer solchen zentralen Vertriebsstelle direkte Verbindung mit den Betrieben ermöglichen sollte.

Aber nun ein Wort an die Industrie. Viele handelsübliche Bauteile und auch Geräte lassen sich ohne allzugroßen Entwicklungsaufwand für die Spezialzwecke der Amateure verändern. Außerdem gibt es eine ganze Anzahl alter, erfahrener om's, die durch ihre Berufs- und Amateurtätigkeit in der Lage sind, so umfassende Hinweise zu geben, daß diese einer halben Entwicklung gleichkommen. Und ein weiteres Problem, dessen Verwirklichung nichts im Wege stehen dürfte: in unseren Industriebetrieben wandern mitunter Sachen in den sogenannten „Schrott", die von den Amateuren sehr gesucht werden. Ein Hinweis an die zuständige GST-Kreisleitung würde genügen, und die Sachen kommen an die richtige Adresse, wobei zur Erläuterung hinzugefügt werden soll, daß hier unter „Schrott" nicht nur Blechabfälle zu verstehen sind, sondern zum Teil hochwertigste Halb- und Fertigfabrikate, die aus irgendeinem Grunde nicht weiterverarbeitet werden können. Gewisse Ansätze sind schon zu spüren: so liefern einige RFT-Röhrenwerke bereits über die GST-Organisationen Röhren zweiter Wahl an die Amateure.

Kurz und gut: Wir haben eine Gesellschaft für Sport und Technik gegründet und in ihr die alten guten Traditionen der deutschen Amateurbewegung mit den aktuellen politischen Erfordernissen unseres neuen demokratischen Staates recht gut zu vereinigen verstanden. Nun müssen wir dafür sorgen, daß den Amateuren auch die Mittel zur Verfügung gestellt werden, die man heutzutage braucht, um im Äther technisch gleichberechtigt zu werden. Wir wünschen allen, die es angeht, für diese Zeilen recht guten und schwundfreien Fernempfang, und sind selbst für jede weitere Anregung stets empfangsbereit. vy 73 es best dx! *G. K.*

[1]) Zitiert aus „Presse der Sowjetunion", Nr. 74/1955.

Nachrichten

„Einführung in die Kernphysik" heißt eine neue Sendereihe des Deutschlandsenders, die ab 23. Juli jeden Montag um 23.05 Uhr zu hören sein wird. Die Reihe eröffnet Nobelpreisträger Prof. Dr. Hertz mit vier Vorlesungen über allgemeine Grundlagen der Atomphysik. Prof. Hertz, der Direktor des Physikalischen Instituts der Karl-Marx-Universität Leipzig ist und im vergangenen Jahr mit dem Nationalpreis I. Klasse ausgezeichnet wurde, spricht über das Plancksche Wirkungsquantum, die Physik der Elektronenhülle, den Aufbau der Atomkerne und über natürliche und künstliche Radioaktivität. Die anschließenden Vortragsreihen über Kernreaktionen, Kernreaktoren und die Anwendung radioaktiver Isotope werden von dem Mitglied des Direktoriums vom Institut Miersdorf der Deutschen Akademie der Wissenschaften, Dr. Richter, dem Direktor des Zentralinstituts für Kernphysik, Prof. Dr. Barwich, und dem Leiter des Arbeitsbereichs angewandte Isotopenforschung in Berlin-Buch, Prof. Dr. Born, gehalten.

Zu einem Wettbewerb unter der Losung **„Mehr und bessere Standards für unsere Republik"** haben die Techniker und Ingenieure der Zentralstelle für Standardisierung „Kabel und technische Keramik" in Leipzig alle Zentralstellen für Standardisierung in der DDR aufgerufen. Die Mitarbeiter der Leipziger Zentralstelle haben mit einem innerbetrieblichen Wettbewerb bereits im zweiten Quartal begonnen. Durch seine Ausdehnung auf alle Industriezweige soll die Einführung der neuen Technik unterstützt werden.

Das Amt für Standardisierung hat in Zusammenarbeit mit den zuständigen Fachministerien die Bedingungen für den Wettbewerb ausgearbeitet, der sich auf den Zeitraum vom 1. Juli bis 31. Dezember dieses Jahres erstrecken soll.

Einen Rückgang um beinahe 20% des Umsatzes von Fernsehempfängern in England seit der Einschränkung des Kreditverkaufs zu Beginn dieses Jahres meldet „radio mentor" in seinem Juniheft. Für jeden Ratenverkauf ist nunmehr eine Anzahlung von mindestens 50% erforderlich.

Informationen für den Fernsehkundendienst wird der VEB Sachsenwerk Radeberg künftig etwa alle zwei Monate für das Fachhandwerk und den Handel herausbringen. Diese Informationen sollen einen Überblick über den jeweiligen technischen Stand der Fernsehgeräte vermitteln und werden durch organisatorische Mitteilungen für den Vertragsdienst, Hinweise für die Fachverkäufer sowie allgemein interessierende Fragen der Fernsehtechnik ergänzt.

Prof. Dr. Werner Nestel, der bisherige technische Direktor des aufgelösten NWDR, gehört ab 1. 6. 1956 als Leiter für Forschung und Entwicklung dem Vorstand der Telefunkengesellschaft an. Er hat die Stelle Dr. Karl Steimels übernommen, der zur AEG übergetreten ist und dort als Chefphysiker die Forschung leitet. Zum Arbeitsbereich Prof. Nestels gehört auch das Forschungsinstitut in Ulm unter Leitung von Prof. Dr. Wilhelm Runge, zu dessen Stellvertreter der kürzlich von der Universität Buenos Aires zurückgekehrte Prof. Dr. Fränz ernannt wurde, der dort als Leiter des Instituts für Elektronik tätig war. Auch der bekannte Fernsehpionier Prof. Dr. Fritz Schröter hat nach mehrjähriger Auslandstätigkeit die Mitarbeit in Ulm wieder aufgenommen.

Mit der Entwicklung **gedruckter Schaltungen für die automatische Fertigung** beschäftigten sich in den letzten Jahren auch bekannte westdeutsche Rundfunkwerke, wie Telefunken und Philips, nachdem sich das Ausland, speziell die einschlägige Industrie in den USA und England, bereits seit einigen Jahren mit dem Problem gedruckter Schaltungen und Verdrahtungen beschäftigt hat. In dem Telefunken-Großsuper „Concertino" wird die automatische Verdrahtung bereits versuchsweise angewendet.

H. EBERDING

Die Wirkungsweise ELEKTRONISCHER ANTRIEBSREGLER

In RADIO UND FERNSEHEN Nr. 1 (1956) S. 4 bis 6 wurden die Grundlagen elektronischer Antriebsregler erläutert. Im folgenden Beitrag soll nun die Wirkungsweise eines solchen Gerätes näher beschrieben werden. Wenn auch hierbei nicht auf alle Möglichkeiten, die diese Geräte für die verschiedenen Industriezweige bieten, eingegangen werden kann, so wird doch die Bedeutung dieser Technik für die immer weiter fortschreitende Modernisierung, Mechanisierung und Automatisierung der Produktion aufgezeigt.

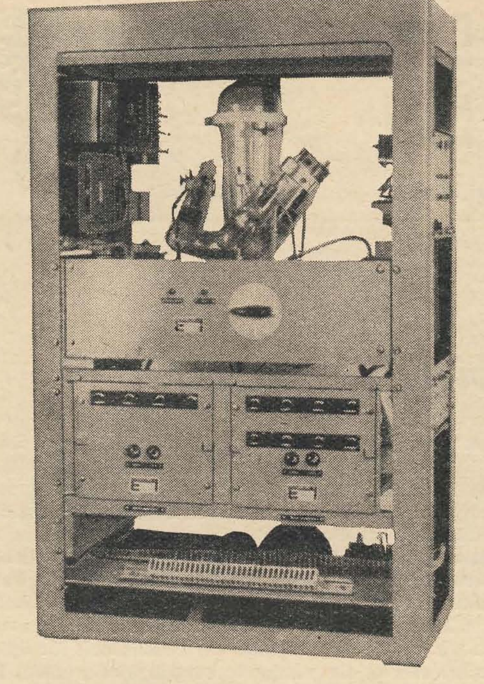


Bild 1a: Elektronisches Motorregelgerät Typ Rn 214 für 5 kW vom VEB Funkwerk Leipzig. Vorderansicht des geöffneten Gerätes

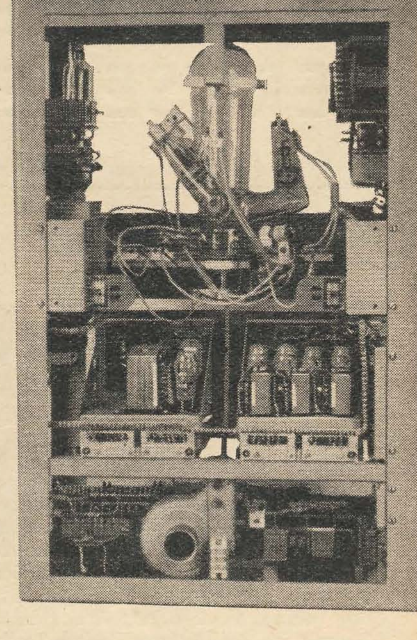


Bild 1b: Ansicht des Schaltungsaufbaus (Rückwand abgenommen); in der Mitte der Quecksilberdampfgleichrichter, links oben das Thyratron

Elektronische Motorregelgeräte vom Typ Rn werden in der Industrie bereits häufig angewendet. Die im Bild 1 gezeigte Ausführung ist für die Regelung eines Gleichstromnebenschlußmotors bis 5 kW ausgelegt, wobei die Steuerung der Ankerspannung durch einen Quecksilberdampfgleichrichter Typ DLG 32 aF vom VEB Schott, Jena, die Steuerung des Feldstromes durch ein Thyratron S 5/6i erfolgt. Die Prinzipschaltung zeigt Bild 2.

Das Drehzahlverhalten des Gleichstromnebenschlußmotors

Der Antriebsmotor ist hier ein 220-V-Gleichstromnebenschlußmotor. Seine Drehzahl ergibt sich bekanntlich aus der Beziehung

$$n = K_1 \cdot \frac{U - I \cdot R}{\Phi},$$

wobei K_1 eine vom Motor abhängige Konstante, U, I und R Ankerspannung, -strom- und -widerstand bedeuten. Φ ist der magnetische Fluß, der vor allem durch den Feldstrom bestimmt wird.

Da K_1, I und R durch die Daten des Motors bzw. durch die jeweilige Belastung gegeben sind, kann die Drehzahl nur durch Verändern des magnetischen Flusses Φ, also des Feldstromes, oder durch Verändern der Ankerspannung U beeinflußt werden. Diese Zusammenhänge sind im Bild 3 grafisch dargestellt, woraus hervorgeht, daß n im Bereich bis zur Nenndrehzahl durch Steigern der Ankerspannung verändert werden kann, während im Bereich oberhalb der Nenndrehzahl eine Steuermöglichkeit durch Feldschwächung besteht.

Gleichzeitig ist aber aus Bild 3 ersichtlich, daß bei den vom Nennwert abweichenden Drehzahlen nicht mehr die gleichen Werte für Leistung N und Drehmoment M_t zulässig sind, da durch die vom Ankerstrom abhängige zulässige Erwärmung Grenzen gesetzt sind. Bei den Überlegungen, ob Ankerspannung, Feldstrom oder beides gesteuert werden soll, sind also sowohl der erforderliche Drehzahlbereich als auch die Anforderungen der anzutreibenden Maschine zu berücksichtigen.

Die Steuerung der Ankerspannung

Die Möglichkeit, gittergesteuerte Entladungsstrecken zum Umformen einer festen Wechselspannung in eine veränderliche Gleichspannung einzusetzen, wurde bereits in dem Beitrag „Grundlagen elektronischer Antriebsregler" erläutert. In diesem Fall ist der Verbraucher jedoch kein einfacher ohmscher Widerstand, sondern ein Gleichstromanker, dessen Ersatzschaltbild bekanntlich durch die Reihenschaltung eines ohmschen Widerstandes (für die Verluste), einer Induktivität (für die Ankerinduktivität) und einer Spannungsquelle (für die Gegenspannung) dargestellt wird. Damit ergibt sich auch

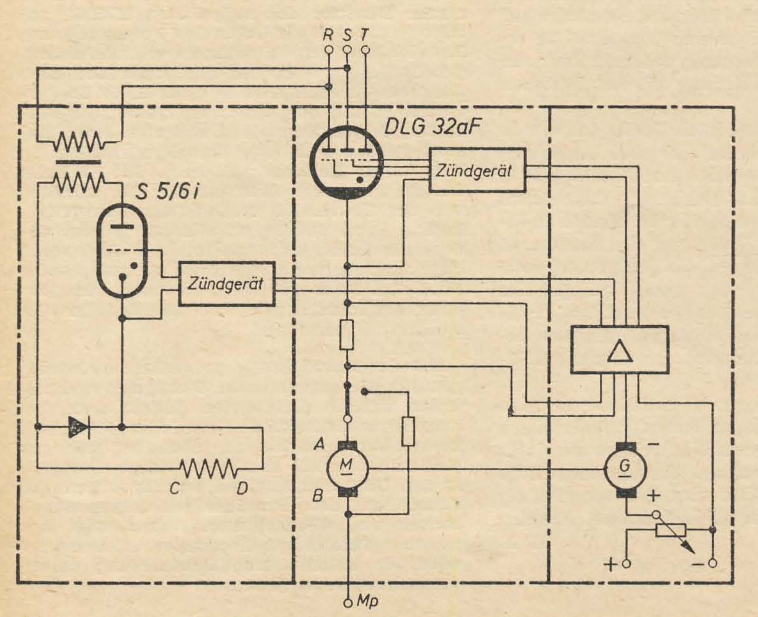


Bild 2: Prinzipschaltbild eines elektronischen Motorregelgerätes ←

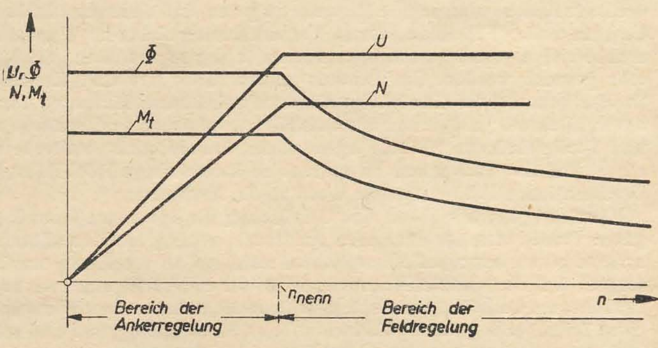


Bild 3: Zusammenhang zwischen Drehzahl n, Ankerspannung U, magnetischem Fluß Φ, max. Leistung N und max. Drehmoment M_t

im Betrieb ein anderes Verhalten. Bild 4 zeigt das Oszillogramm der Kurvenform von Ankerspannung und Ankerstrom eines Gleichstrommotorankers am gesteuerten dreiphasigen Gleichrichter. Die Gegenspannung ist hierbei der Abstand zwischen dem geraden Teil der Stromkurve (Nullinie) und dem geraden Teil der Spannungskurve. Der negative Anteil der Ankerspannungskurve ist durch den Einfluß der Selbstinduktivität bedingt, eine Erscheinung, die im Abschnitt „Feldsteuerung" noch näher untersucht wird. Der Ankerstrom ist bei geringer Belastung, wie hier, sehr wellig, so daß der für die Erwärmung maßgebende Stromeffektivwert wesentlich größer als der das Drehmoment bestimmende Mittelwert ist.

Werden die positiven und negativen Kurvenflächen in der Spannungskurve Bild 4 ausplanimetriert und voneinander subtrahiert, so erkennt man, daß die obere Spannungs-Zeit-Fläche etwas größer ist. Diese Differenz gleicht die Motorverluste aus. Wird jetzt die Zündung weiter verzögert, im Bild 4 also nach rechts verschoben, so reicht die obere Spannungs-Zeit-Fläche nicht mehr aus, die Drehzahl und damit die Gegenspannung sinken soweit, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Der gleiche Fall tritt bei erhöhter Belastung auf.

Nach diesem Prinzip wird also entsprechend Bild 3 der Bereich bis zur Nenndrehzahl überstrichen. Nach unten ist die Drehzahl theoretisch nicht begrenzt. Praktisch ist ihre Grenze aber

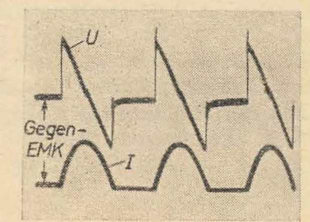


Bild 4: Ankerspannung und -strom beim Betrieb mit dreiphasigem gesteuertem Gleichrichter

dadurch gegeben, daß die Gegen-EMK gegenüber dem Spannungsabfall an den Verlustwiderständen sehr klein wird und eine konstante Drehzahl daher nur mit einem sehr hohen Aufwand erreicht werden kann. Man geht in der Regel über einen Drehzahlbereich von 1:50 nicht hinaus.

Feldsteuerung

Soll die Drehzahl über den Nennwert hinaus erhöht werden, wird das Nebenschlußfeld des Motors durch eine entsprechende Steuerung der zugehörigen Gasentladungsstrecke geschwächt. Die hierbei auftretenden Verhältnisse sollen an den Bildern 5 bis 7 erklärt werden. Bild 5b zeigt das Oszillogramm des Stromes und der Spannung bei einer Belastung durch einen rein ohmschen Verbraucher entsprechend der Schaltung Bild 5a, also für Einweggleichrichtung. Hierbei haben natürlich Strom und Spannung die gleiche Kurvenform. Bei einem stark induktiven Verbraucher, wie es das Nebenschlußfeld eines Gleichstrommotors darstellt, ergibt sich jedoch eine Kurvenform nach Bild 6b (Schaltung nach Bild 6a), wobei die große Amplitude die Spannung, die kleine den Strom darstellt. Der Unterschied liegt vor allem im Löschzeitpunkt. Während der Strom bei ohmscher Belastung beim Nulldurchgang der Spannung erlischt, wird die Entladung hier durch die in der Induktivität entstehende Gegenspannung bis in das Gebiet der negativen Halbwelle hinein aufrechterhalten. Die Stromkurve ist wieder sehr wellig. Um den gleichen Strommittelwert und damit den gleichen magnetischen Fluß wie bei Gleichstrom zu erhalten, müßte man also eine wesentlich höhere Wechselspannung anlegen. Es gibt jedoch eine günstigere Möglichkeit, die in der Schaltung Bild 7a gezeigt ist. Die Gegenspannung der Induktivität wird durch einen zusätzlichen Gleichrichter kurzgeschlossen, dadurch kann der Strom auch noch nach dem Löschen der Entladungsstrecke in der Induktivität fließen, und die Welligkeit geht erheblich zurück. Die entsprechenden Kurven sind im Bild 7b gezeigt, wobei die untere Kurve die Spannung und die obere Kurve, die die gleiche Nullinie hat, den Strom darstellt. Man erkennt, daß der Mittelwert des Gleichstromes trotz gleicher Wechselspannung beträchtlich gestiegen ist.

Um einen stabilen Betrieb zu gewährleisten, wird im allgemeinen eine Feldschwächung und damit Drehzahlerhöhung von höchstens 1:3 vorgenommen. Zusammen mit der Ankerspannungssteuerung ergibt das also einen Drehzahlbereich von ungefähr 1:150.

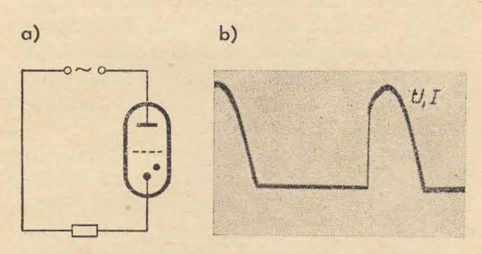


Bild 5: Gesteuerte Einweggleichrichtung bei ohmscher Belastung a) Schaltbild b) Oszillogramm des Stromes und der Spannung

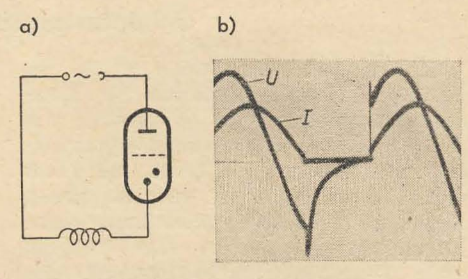


Bild 6: Gesteuerte Einweggleichrichtung bei induktiver Belastung a) Schaltbild b) Oszillogramm des Stromes und der Spannung

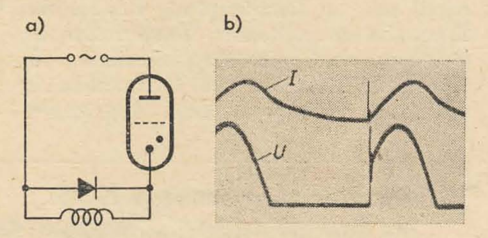


Bild 7: Gesteuerte Einweggleichrichtung bei induktiver Belastung mit Rückstromgleichrichter a) Schaltbild b) Oszillogramm des Stromes und der Spannung

Der Regelkreis

Es ist aber nicht damit getan, einen bestimmten Drehzahlwert einzustellen, denn dieser würde sich bei den verschiedenen Belastungen stark verändern. Bei reinem Gleichstrombetrieb hat der Nebenschlußmotor zwar eine ziemlich konstante Drehzahl, die zwischen Leerlauf und Vollast nur um etwa 2 bis 6% schwankt, beim Betrieb mit gittergesteuerten Entladungsstrecken ergeben sich aber durch den welligen Ankerstrom wesentlich andere Verhältnisse. Im Bild 8 ist die Drehzahl eines 15-kW-Motors in Abhängigkeit von der Belastung aufgetragen. Man erkennt hieraus deutlich, daß unter diesen Bedingungen ein ordnungsgemäßer Betrieb in den meisten Fällen nicht möglich ist. Um die Drehzahl auch bei schwankender Last konstant zu halten, könnte man den Zündzeitpunkt des Quecksilberdampfgleichrichters durch den Ankerstrom so beeinflussen, daß die Zündung bei steigender Last früher erfolgt und die Drehzahl damit wieder steigt. Diese Methode nennt man Steuerung, da kein geschlossener Kreis vorhanden ist. Wenn sich Strom und Zündzeitpunkt ändern, ändert sich zwar die zu steuernde Größe die Drehzahl, jedoch nicht umgekehrt. Diese Methode ist zwar einfach, kann jedoch nur eine Größe, den Strom, erfassen. Alle anderen Störungen, wie zum Beispiel Netzspannungsschwankungen, Maschinenerwärmungen usw. werden dabei nicht berücksichtigt. Außerdem besteht kein linearer Zusammenhang zwischen Belastung und erforderlicher Zündverstellung, so daß nur eine geringe Genauigkeit erreicht wird.

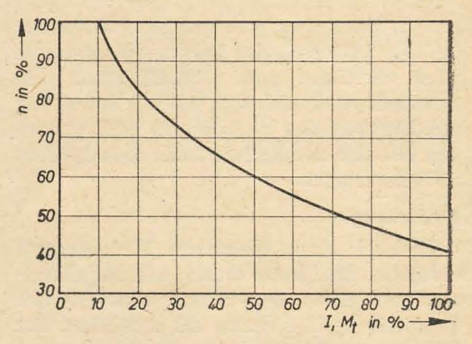


Bild 8: Drehzahlabfall eines Gleichstrommotors bei Belastung und Speisung durch gesteuerte Gasentladungsstrecken

Bei allen hochwertigen Maschinen wird daher die Regelung angewendet. Das Prinzip besteht darin, daß die Drehzahl gemessen und der Zündzeitpunkt bei Abweichungen gegenüber dem Sollwert verstellt wird. Hierbei ist es also gleichgültig, wodurch der Fehler entsteht. Im Bild 9 ist das Blockschaltbild dieses Regelkreises dargestellt, wobei die nach DIN 19226 genormten Bezeichnungen verwendet wurden.

Bei der technischen Ausführung ist an der betreffenden Maschine ein Tachometerdynamo angeflanscht, der eine der Drehzahl proportionale Spannung abgibt. Dieser Meßspannung ist die Sollwertspannung gegengeschaltet, deren Größe

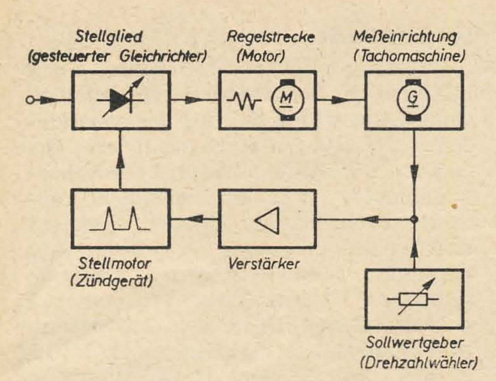


Bild 9: Blockschaltbild eines Regelkreises

proportional der gewünschten Drehzahl ist. Die Differenz der beiden Spannungen wird verstärkt und verstellt dann den Zündzeitpunkt solange, bis die Spannung am Eingang des Verstärkers Null geworden ist, also der Sollwert mit dem Istwert übereinstimmt.

Pendelungen

Hierbei sind allerdings Pendelungen möglich. Da jedes Glied des Regelkreises, vor allem der Motor, eine gewisse Trägheit besitzt, kann ein Absinken der Drehzahl nicht sofort ausgeregelt werden. Während dieser Zeit wird aber der Gleichrichter immer weiter aufgedreht, da die Abweichung noch besteht. Der Motor erhält eine große Beschleunigung, und seine Drehzahl geht über den Sollwert hinaus. Nun muß er wieder abgebremst werden; da das aber ebenfalls eine gewisse Zeit dauert, sinkt die Drehzahl zu stark ab, und das Spiel beginnt von neuem. In ungünstigen Fällen können sich diese Pendelungen soweit aufschaukeln, daß ein geordneter Betrieb unmöglich wird. Solche Erscheinungen werden durch sogenannte Rückführungen verhindert, deren technische Ausführung sehr verschieden sein kann. In den elektronischen Motorregelgeräten vom Typ Rn sind es in den Steuerverstärker eingebaute RC-Kombinationen. Sie bewirken eine Gegenkopplung, wobei aber nicht nur die Größe, sondern auch die Phasenlage von entscheidender Bedeutung ist, und können für jeden Antriebsfall von außen nachgestellt werden. Damit ist eine optimale Einstellung für jede Maschine möglich, so daß selbst bei plötzlichen Belastungsstößen die auftretende Drehzahländerung schnell und stoßfrei ausgeglichen wird.

Strombegrenzung

Während zum Einschalten eines größeren Gleichstrommotors stets ein Anlasser erforderlich ist, wird er bei dieser Anlage durch eine eingebaute Strombegrenzung überflüssig. Die Wirkungsweise ist aus Bild 2 ersichtlich. Im Ankerkreis liegt ein kleiner Widerstand, an dem eine dem Strom proportionale Spannung abfällt, die dem Verstärker zugeführt wird. Durch eine entsprechende Schaltung des Verstärkers ist eine weitere Stromerhöhung beim Überschreiten eines bestimmten Spannungswertes nicht möglich. Infolge dieser Einrichtung erübrigt sich nicht nur der Anlasser, sondern gleichzeitig ist auch eine Überlastung des Motors während des Betriebes unmöglich geworden. Die anzutreibende Maschine wird ebenfalls geschont, da ein bestimmtes Drehmoment nicht überschritten werden kann. Das ist besonders bei Drehrichtungsumkehr erforderlich, da hierdurch ohne Überlastung der Maschine ein schnellstmöglicher Drehrichtungswechsel erreicht werden kann.

Bremsen

In den meisten Fällen ist beim Betätigen der Taste „Halt" ein möglichst schnelles Stillstehen der Maschine erwünscht. Hierfür lassen sich verschiedene Verfahren anwenden; die einfachste Methode ist die auch beim Motorregelgerät Typ Rn angewendete Widerstandsbremsung. Der Motor wird dazu vom Netz getrennt und an einen entsprechend belastbaren Widerstand geschaltet. Er arbeitet jetzt als Generator und bremst sofort ab. Vor dem Umschalten wird der Gleichrichter gesperrt, so daß die Schaltung stromlos erfolgt und die Kontakte praktisch nicht abgenutzt werden.

Sonstige Einrichtungen

Der Aufbau des Gerätes gewährleistet eine einfache und sichere Bedienungsmöglichkeit. Der Übergang von Anker- auf Feldsteuerung erfolgt automatisch und kontaktlos, so daß zur Drehzahlwahl ein an beliebiger Stelle montiertes Potentiometer genügt. Um einen vorzeitigen Röhrenverschleiß durch Unter- oder Überheizen zu vermeiden, sind die Heizspannungen sowie alle anderen wesentlichen Spannungen stabilisiert. Die Anlage arbeitet dadurch bei Netzspannungsschwankungen zwischen 180 und 260 V noch vollkommen einwandfrei. Die normalerweise auftretenden Frequenzschwankungen sind ebenfalls ohne Einfluß auf die Drehzahlgenauigkeit, die in jedem Falle besser als 2% ist. Damit ist allen Wünschen der Praxis weitgehend Rechnung getragen.

Vollmagnetische Tonfrequenzverstärker

Im Heft 9 (1955) der amerikanischen Fachzeitschrift „Electronics" wird über die Entwicklung eines vollmagnetischen Tonfrequenzverstärkers berichtet, der besonders für den Einsatz in Flugzeugen gedacht ist. Die Aufgabenstellung, einen Verstärker zu bauen, der bei geringer Pflege starken mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt werden kann, wurde unter Verzicht auf Röhren und rotierende Teile durch diesen besonderen magnetischen Verstärker realisiert.

Unter der Voraussetzung, etwa ein Frequenzband von 3000 Hz zu übertragen, muß beim magnetischen Verstärker die Trägerfrequenz etwa das Dreifache betragen. Im vorliegenden Falle wird durch dreimalige Frequenzverdreifachung die im Flugzeug zur Verfügung stehende Spannung von 400 Hz in drei verschiedenen, aufeinanderfolgenden Schaltungen in eine Spannung mit einer Frequenz von 10800 Hz umgeformt. Die Leistungsverstärkung wird mit v = 1000 angegeben. Die Ausgangsleistung beträgt 2,5 W. Ein besonderer Vorteil des vollmagnetischen Tonfrequenzverstärkers besteht darin, daß er ohne Anheizzeit jederzeit betriebsfähig ist. Man braucht den Verstärker tatsächlich nur für die in der Regel kurze Zeit einer Durchsage einzuschalten; dadurch wird keine Leerlaufleistung in Anspruch genommen. *Bau-*

Aus Electronics 28 Nr. 9 (1955)

Miniaturtransistorverstärker

In den Bell-Laboratorien wurde ein Breitbandtransistorverstärker für Fernsehübertragungszwecke entwickelt, der durch besonders kleine Abmessungen auffällt. Das etwa 38 mm lange und 4 mm dicke Versuchsmuster enthält neben Eingangs- und Ausgangsübertrager einen Vierelektrodentransistor, eine Drossel, einen Tantalelektrolytkondensator, vier Widerstände und zwei Silikondioden, die die kritischen Betriebsspannungen regeln. Die mit 22 dB angegebene Verstärkung reicht aus, um die Dämpfung von 2,4 km Koaxialleiter normaler Bauart auszugleichen, wenn ein Frequenzband von 0,4 bis 11 MHz für zwei Fernsehkanäle oder 2500 Fernsprechkanäle übertragen wird. Bei einer Ausgangsleistung von 0,25 mW beträgt die Klirrdämpfung 50 dB und der Geräuschpegel —60 dB.

Da beim Aufbau des Miniaturtransistorverstärkers auf Verstärkungsregelung und Entzerrung verzichtet wurde, kann er für längere Übertragungsstrecken noch nicht eingesetzt werden, zumal er auch eine verhältnismäßig hohe nichtlineare Verzerrung aufweist. Mit der Entwicklung des neuen Verstärkers ist jedoch ein Weg gewiesen, kurze oder mittlere Fernsehübertragungsstrecken rationell aufzubauen. *Bau-*

Literatur

Bell Laboratories Record XXXIII, H. 7 (Juli 1955).

Leipziger Herbstmesse 1956

Wir bitten alle Aussteller der Rundfunk-, Fernseh- und elektronischen Industrie, unserer Redaktion bis zum 15. 8. 1956 einen kurzen und sachlichen Bericht über die von ihnen gezeigten Neuheiten zur Verfügung zu stellen. Bei späterem Eingang ist die Veröffentlichung im Messeheft (Heft 19) nicht mehr gewährleistet. *Die Redaktion*

Ing. A. ULLRICH
VEB Funkwerk Leipzig

ELEKTRONISCHE ANTRIEBSREGLER

in der Zuckerfabrik Delitzsch

In den letzten Jahren sind in der Steuerungs- und Regelungstechnik große Fortschritte erzielt worden. Der zweite Fünfjahrplan sieht eine intensive Weiterentwicklung und Anwendung dieser Technik für alle Industriezweige vor. Die hierdurch zu erwartenden Produktionssteigerungen und Arbeitserleichterungen werden ein beachtliches Ausmaß annehmen. In diesem Beitrag soll speziell über den Einsatz elektronischer Regler in der Zuckerfabrik Delitzsch berichtet werden.

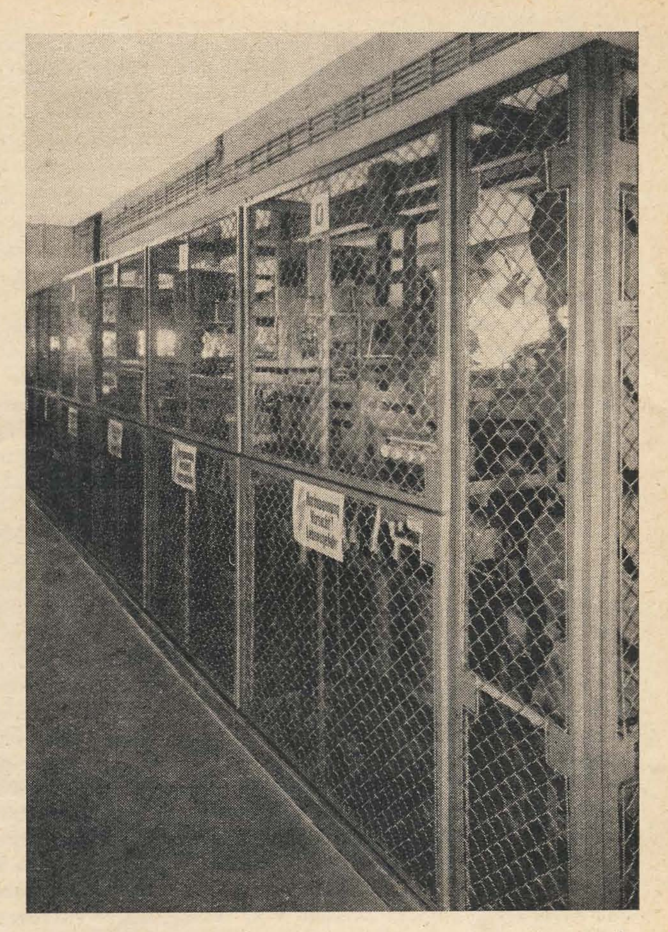


Bild 1: Betriebsraum der elektronischen Antriebsregler in der Zuckerfabrik Delitzsch

Allgemeines

Ebenso wie in vielen anderen Großindustrien ist auch die Produktion in der Zuckerindustrie an ein abschnittsweises Produktionsverfahren gebunden. Die neue Technik strebt jedoch eine fließende Produktionsweise an, weil der gleiche Erfolg mit wesentlich weniger Aufwand zu erreichen ist. In naher Zukunft kann man jedoch den bestehenden Produktionsablauf, der an die Technologie der zu verarbeitenden Stoffe gebunden ist, nicht verändern. Es werden sich aber viele Einzelvorgänge innerhalb eines Abschnittsverfahrens kontinuierlich gestalten lassen. Gelingt dies in größerem Maße, dann ist die Automatisierung bereits mit verhältnismäßig einfachen Mitteln zu erreichen. Ein Beispiel dieser Art zeigt der vorliegende Fall.

In der Zuckerfabrik Delitzsch erfolgt die Gewinnung des Rohsaftes aus den Zuckerrübenschnitzeln erstmalig kontinuierlich. Nach dem in vieljähriger Entwicklungsarbeit von Professor Heck (Karl-Liebknecht-Werk, Magdeburg) ausgearbeiteten Verfahren werden die Schnitzel auf einen feststehenden Rost gebracht, auf dessen ganzer Länge sich in kurzen Abständen Zwischenbleche befinden, die zu beiden Seiten an einer Gliederkette befestigt sind. Beim Bewegen der Gliederkette gleiten die Zwischenbleche an der Einschüttstelle der Schnitzel vorbei, so daß die eingebrachten Schnitzel in Kammern über den Rost geschoben werden. Mit heißem Wasser wird durch Umpumpen von Kammer zu Kammer im Gegenstromverfahren der Zucker ausgelöst, so daß als Endprodukt der Rohsaft zur Verfügung steht.

Dieser nach seinem Erfinder benannte „Heckapparat" gewährleistet eine höchste Zuckerausbeute, das heißt Auslaugung der Schnitzel nur dann, wenn die Schnitzel die Anlage gleichförmig durchlaufen und eine konstante Schichtdicke eingeworfen wird. Ferner ist die Wahl von Durchlaufzeit (Auslaugzeit) und Schnitzelschichtdicke von Bedeutung.

Hieraus ergeben sich folgende Bedingungen für die Antriebe:

a) Der Heckantrieb muß stufenlos einstellbar sein und die eingestellte Drehzahl konstant halten.

b) Die Schnitzelzufuhr muß gleichfalls stufenlos wählbar sein und das eingestellte Gewicht, gemessen in t/h, konstant gehalten werden.

Die unter a) genannte Forderung läßt sich bei den zwei Heckapparaten mit zwei 10-kW-Antriebsreglern leicht erfüllen. Zur Regelung des zugeführten Schnitzelgewichtes müssen die vier Schneidmaschinen geregelt werden. Hierfür sind vier 45-kW-Regelantriebe erforderlich.

Bild 2 zeigt das Prinzipschaltbild der in der Zuckerfabrik Delitzsch eingesetzten elektronischen Antriebsregler¹). Die Drehzahl (Regelgröße) wird in Form der Ankerspannung gemessen. Unter gewissen Voraussetzungen ist nämlich die Ankerspannung eines Motors proportional der Motordrehzahl. Die in der Regel übliche Tachometermaschine zur Drehzahlmessung kann eingespart werden, wenn eine Drehzahlgenauigkeit von 3 bis 5% ausreichend ist. Der Sollwert wird von dem als Spannungsteiler geschalteten Drehwiderstand von einer Konstantspannung abgegriffen. Beide Spannungen liegen in dieser Schaltungsart gegeneinander am „Regeleingang" (g_1 der Eingangsröhre) des Verstärkers. Zur Erzielung einer Strombegrenzung des Motors wird an einem in den Anodenkreis des Quecksilberdampfgleichrichters geschalteten Stromtransformator eine stromproportionale Spannung gewonnen und dem „Begrenzereingang" (g_3 der Eingangsröhre) des Verstärkers zugeführt. Bei Nennstrom übernimmt das Gitter 3 die Regelung und regelt auf konstanten Strom. Durch diese Maßnahme ist ein selbsttätiger Anlauf erreicht und eine Überlastung des Motors ausgeschlossen. Ein Teil der „Begrenzerspannung" wird außerdem zur „Korrektur" der Drehzahl bei langsamem Lauf des Motors ausgenutzt, weil die Verstärkerungenauigkeit und der Spannungsabfall am Anker des Motors ausgeglichen werden müssen. Die Verstärkerausgangsspannung steuert über das Impulssteuergerät den Quecksilberdampfgleichrichter.

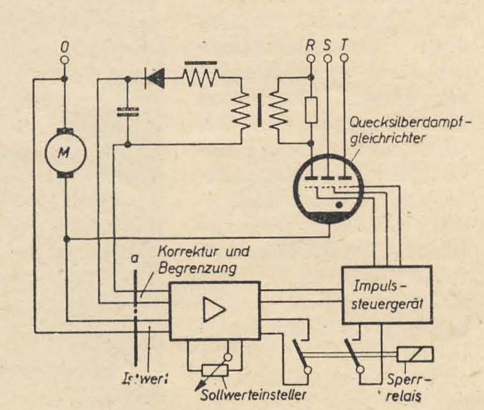


Bild 2: Prinzipschaltung eines elektronischen Antriebsreglers

Funktionsbeschreibung des Antriebsreglers

Nach Einschalten der Netzspannung und Ablauf des Zeitrelais, das den Anheizvorgang der Röhren gewährleistet, läuft der Motor nach Betätigen der Taste

1) Siehe auch die Beiträge: „Grundlagen elektronischer Antriebsregler" in RADIO UND FERNSEHEN Nr. 1 (1956) S. 4 bis 6 sowie „Wirkungsweise elektronischer Antriebsregler" in diesem Heft S. 414 bis 416 beide von H. Eberding.

„Betrieb“ an. Der Motor wird seinen Nennstrom schnell erreichen und sich langsam zu drehen beginnen. Durch die Strombegrenzung wird der Nennstrom eingehalten, der mit Erreichen einer größeren Drehzahl absinkt. Die Stromregelung wird nun durch eine Drehzahlregelung abgelöst. Die Differenz der am Regeleingang des Verstärkers gegeneinandergeschalteten Soll- und Istwertspannung (tatsächlicher Momentanwert der Regelgröße) wird immer kleiner, und mit Erreichen der gewünschten Drehzahl stellt sich die Differenz ein, die den Verstärker und damit den Quecksilberdampfgleichrichter so aussteuert, daß die gewählte Drehzahl aufrechterhalten wird.

Mit den elektronischen Gliedern kann der Regelvorgang mit hoher Ansprechempfindlichkeit erfolgen. Die Konstanz der Drehzahl, das heißt die Regelgenauigkeit, wird im wesentlichen von der Empfindlichkeit des Verstärkers bestimmt. Den Verstärkungsgrad begrenzt die mit der Verstärkung steigende Pendelneigung des gesamten Regelkreises. Eine Stabilisierung wird durch einstellbare Rückführungen (Gegenkopplungen) in der Endstufe des Verstärkers vorgenommen, wobei die Rückführglieder folgende Funktionen zu erfüllen haben: Die Eigenfrequenz des Regelkreises zu dämpfen und alle Regelvorgänge aperiodisch zu gestalten sowie die Regelgeschwindigkeit den Erfordernissen anzupassen. Von ihrer richtigen Dimensionierung hängt das Regelverhalten der gesamten Anlage ab. Die RC-Glieder der Rückführung sind also ein besonders wichtiger und kritischer Teil des Reglers.

Ausführung der Regelgeräte

Bild 3 zeigt die Gesamtansicht eines 45-kW-Antriebsreglers für die Schneidmaschinen. Links oben sind ein Hilfsrelais, das Zeitrelais und zwei Schütze für das Einschalten des Feldes und der Sperrspannungen für den Quecksilberdampfgleichrichter angeordnet. Darunter ist als Baugruppe der Meßwertumformer für die Korrektur- und Begrenzerspannung montiert. An der Rückseite des Gestelles ist die magnetisch stabilisierte Zündeinrichtung für den Quecksilberdampfgleichrichter zu erkennen. Unterhalb des Gleichrichters befindet sich der Lüfter und davor die Steuersicherungen. Daneben sind als leicht auswechselbare Einschübe links das Impulssteuergerät und rechts der Steuerverstärker untergebracht. Während das Impulssteuergerät im Prüffeld fest eingestellt wird, kann die richtige Einstellung der Eichung, des Arbeitspunktes, der Korrektur, der Strombegrenzung und der Rückführung des Steuerverstärkers erst bei der Inbetriebnahme erfolgen. Der Zwischentransformator, der für die gesamte Motorleistung ausgelegt sein muß, nimmt den unteren Teil des Gestelles ein.

Die Regelung des Heckantriebes

Zum Antrieb der Heckapparate werden elektronische Antriebsregler angewendet, die dem hier beschriebenen Prinzip entsprechen. Der Antriebsmotor selbst ist mit einem großen Getriebe an den Apparat gekuppelt, so daß die großen Schwungmassen die gute Stabilität der Regelung unterstützen, zumal während des Betriebes keine stoßartigen Belastungen auftreten. Der Antrieb stellt daher keine besonderen regelungstechnischen Forderungen. Die Sollwerteinsteller und die Drehzahlanzeige sind in Minuten geeicht (Auslaugzeit).

Die Regelung der Schneidmaschinen

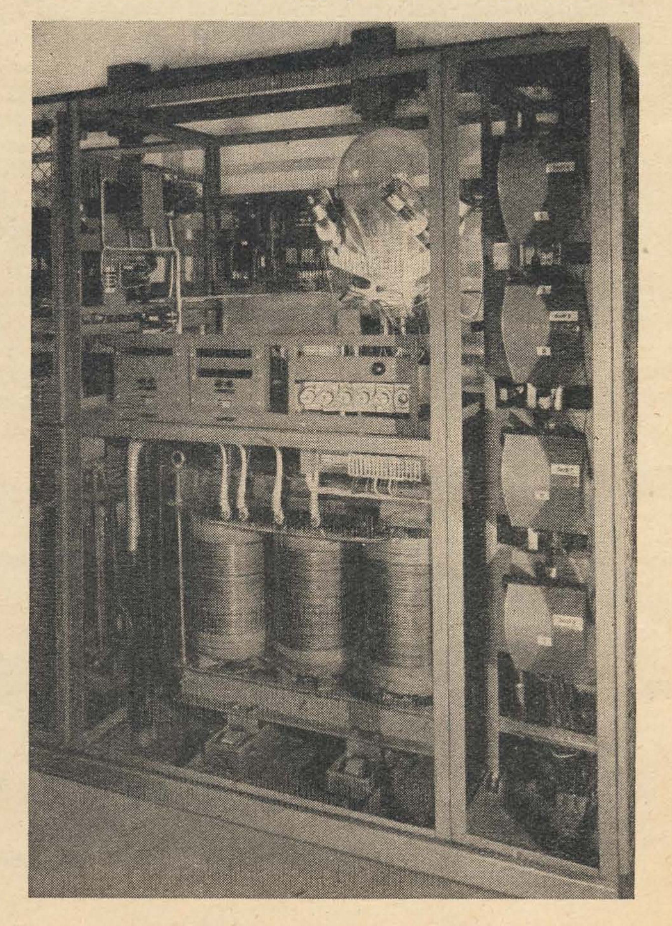
Den Prinzipaufbau der Regelung zeigt Bild 4. Die vier Regelgeräte für die Schneidmaschinen sind an den Regeleingängen der Verstärker parallelgeschaltet. Alle eingeschalteten Motoren der Schneidmaschinen können daher von einer gemeinsamen Spannung an a—b bzw. a—b_1 gesteuert werden. Da einmal eine Regelung der Schneidmaschinen auf konstante Drehzahl und zum anderen auf konstantes Schnitzelgewicht erwünscht ist, sind zwei Sollwerteinsteller vorhanden, die mit dem Umschalter gewählt werden können. Laufen mehrere Maschinen gleichzeitig, was praktisch immer der Fall ist, so ist für ein einwandfreies Arbeiten eine gleiche Drehzahl untereinander unerläßlich. Dieser Gleichlauf ist für beide Regelfälle erforderlich und muß über einen weiten Drehzahlbereich vorhanden sein. Erfolgt eine Regelung, wie dargestellt nach der Drehzahl, so kann durch entsprechenden Abgleich der Drehzahlistwerte auf 30 V ein guter Gleichlauf von 100 bis 1450 U/min eingehalten werden. Da jedoch für die Schnitzelqualität eine bestimmte Schnittgeschwindigkeit notwendig ist, soll der Drehzahlbereich nur von 800 bis 1450 U/min ausgenutzt werden.

Die mittlere Drehzahl dieses Arbeitsbereiches ergibt die theoretisch günstigste Schnittgeschwindigkeit, bei der die beste Beschaffenheit der Schnitzeloberfläche erreicht wird. Mit der Regelung auf konstante Drehzahl kann man diese Forderung viel genauer erfüllen als notwendig. Die Schnitzelmenge auf dem Transportband wird jedoch dabei großen Schwankungen unterworfen. Verursacht werden diese Gewichtsänderungen durch Stumpfwerden der Messer, Zuschalten einer Maschine mit frischen Messern und Stokkungen (Verklemmungen) der Rübenzufuhr in den Schneidmaschinen. In der alten Produktionsweise war diese Tatsache nicht entscheidend. Der kontinuierlich arbeitende Heckapparat benötigt aber eine konstante Schnitzelmenge, so daß eine Regelung nach der Drehzahl völlig unbefriedigend ist. Wird der Eingang der Regelgeräte umgeschaltet, also die Gittereingänge der Verstärker an b_1 gelegt, so erfolgt die Regelung der Schneidmaschinen von dem Soll- und Istwert des Schnitzelgewichtes. Letzterer wird von der Bandwaage, die sich dicht hinter dem Schnitzelausfall im Transportband befindet, durch einen induktiven Geber erzeugt. Mit Veränderung der Gewichtsanzeige wird eine Wechselspannung mehr oder weniger beeinflußt. Die Wechselspannung wird gleichgerichtet, so daß bei maximalem Waagenausschlag und entsprechender Bemessung der Schaltelemente etwa 150 V Istwertspannung vorhanden sind.

An den Klemmen a—b_1 liegt jetzt nicht mehr allein der Sollwert, sondern schon eine Differenz, die maximal die Verstärkerempfindlichkeit beträgt (0,5 V). Der notwendige Gleichlauf der Schneidmotoren wird jetzt nur erreicht, wenn die Kennlinien der Verstärker gleich sind. Praktisch läßt sich dies nicht verwirklichen, so daß nochmals jedes Gerät von der Drehzahl seines Motors geregelt werden muß, um ein „Auseinanderlaufen“ zu vermeiden. Dies erfolgt durch die maximal 30 V betragende zusätzliche Einschleifung des Drehzahlistwertes in jedem Verstärker.

Bei dieser Doppelregelung bestimmt das Verhältnis der Istwertspannungen von Gewicht und Drehzahl die Genauigkeit beider Regelgrößen. Da hauptsächlich die Schnitzelmenge geregelt, das heißt konstant gehalten werden soll, wurde der maximale Istwert mit 150 V gewählt, während die Drehzahl mit maximal 30 V

Bild 3: Ansicht eines 45-kW-Regelgerätes mit Umschaltschrank



eingeht. Dieses Verhältnis wird den Erfordernissen gerecht. Der erreichte Gleichlauf ist ausreichend. Die Schneidmaschinen werden durch den vorgegebenen Sollwert des Gewichtes über den gesamten Drehzahlbereich geregelt. Durch entsprechendes Zu- oder Abschalten von Schneidmaschinen kann jedoch stets die Drehzahl in den Arbeitsbereich gelegt werden. Damit wird die Schnittgeschwindigkeit in den gewünschten Grenzen gehalten. Der Vorgang des Zu- und Abschaltens könnte auch selbsttätig gestaltet werden.

Aus dem Vorangegangenen ist es leicht verständlich, daß an die Regelung der Schneidmaschinen wesentlich höhere Anforderungen gestellt werden als an die der Heckantriebe. In der „Drehzahleinstellung", also bei konstanter Drehzahl, sind ein guter aperiodischer Anlauf und ein ruhiges Betriebsverhalten durch die entsprechende Einstellung der Rückführglieder für alle Betriebsfälle leicht zu erreichen. Bei der Regelung auf „Sollgewicht" ergeben sich jedoch völlig andere Betriebsbedingungen, weil der Istwert des Gewichtes durch die konstruktiv bestimmte Entfernung der Bandwaage erst nach 3 bis 6 Sekunden angezeigt wird. Diese zwischen dem Ausfall der Schnitzel aus den Maschinen und der Anzeige des Gewichtes vorhandene Totzeit ist außerdem nicht konstant, weil die vier Schneidmaschinen räumlich getrennt die Schnitzel auf das Laufband werfen. Die Totzeit bedingt eine andere Dimensionierung der Rückführglieder innerhalb der Verstärker. Da die Regelung auf konstante Drehzahl für bestimmte Fälle, insbesondere zur Überprüfung der Schneidmaschinen, benötigt wird, müßte eine Umschaltung der Rückführglieder erfolgen.

Dies verbietet sich durch den erheblichen Aufwand von selbst. Es wird daher eine entsprechende Stabilisierung durch Einfügen von RC-Gliedern und eines Gleichrichters in den Meßwertumformer des Schnitzelgewichtes erreicht. Durch optimale Bemessung kann selbst mit vorgewähltem Sollgewicht angefahren werden.

Diese notwendige Vergrößerung der Nachstellzeit (Integralverhalten) bewirkt, daß nur größere oder stetige Gewichtsänderungen Drehzahländerungen hervorrufen, so daß die Regelgröße um den Sollwert schwankt und von einer „Niveauregelung" gesprochen wird. Der an der Waage befindliche Schreiber weist einen Mittelwert aus, der dem gewählten Sollgewicht entspricht. Die Abweichung vom Mittelwert, das heißt die geschriebene Strichbreite, ist abhängig von dem eingestellten Gewicht und den Schneidmaschinen (verschiedene Totzeiten). Sie beträgt maximal $\pm 5\%$ vom Sollgewicht.

Der Aufbau der elektronischen Regelanlage

Außer den sechs genannten Geräten sind aus Gründen der Betriebssicherheit während des Kampagnebetriebes ein Ersatzgerät für die Heckantriebe und eine Umschaltmöglichkeit für die Schneidmotoren vorgesehen. Ferner sind die Aggregate für alle Hilfsspannungen in einem zentralen Gestell untergebracht.

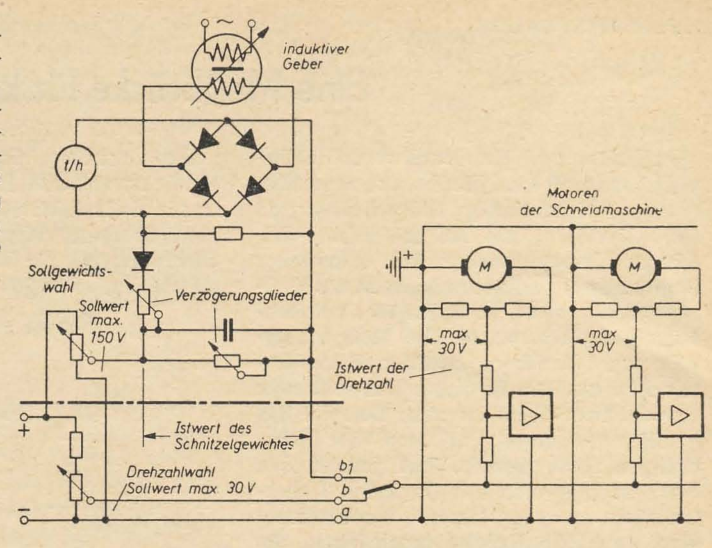


Bild 4: Prinzipschaltbild der Schneidmaschinenregelung. Die elektronische Regelanlage für die Heckantriebe und Schneidmaschinen wurde vom VEB Funkwerk Leipzig projektiert, gefertigt, montiert und in Betrieb genommen

Hierzu gehören die Feldversorgung für alle Motoren, die Sperrspannungsaggregate für alle Quecksilberdampfgleichrichter, die Meßeinrichtung für das Schnitzelgewicht und die Spannungsquelle für die Sollwerteinsteller. Bei Ausfall kann durch Umschalten das für jede Hilfsspannung vorhandene Ersatzaggregat betrieben werden. Alle Geräte sind in einem geschlossenen klimatisierten Betriebsraum untergebracht (Bild 1).

Die Bedienung aller für die Inbetriebnahme und Überwachung des gesamten Produktionsabschnittes der Rohsaftgewinnung vorhandenen Geräte erfolgt von der zentralen Schaltwarte aus, deren Konstruktion und Ausführung dem VEB Reglerwerk Teltow übertragen wurde [siehe Titelbild RADIO UND FERNSEHEN Nr. 1 (1956)].

Besonders vorteilhaft ist die für elektronische Antriebe einfache Fernbedienung über billige Steuerkabel.

Die Bedienungstasten, Strom- und Drehzahlmesser für die Heckantriebe sind im linken Feld der Schaltwarte montiert, das außerdem durch Kontrollampen die Betriebszustände „Ein", „Vorheizen" und „Betrieb" anzeigt. Das rechte Feld der Blindschalttafel enthält die Bedienungsteile für die Schneidmaschinen I bis IV. Bei Anzeige des Kommandos „Ein" durch Glimmlampen kann der Drehstrom über Schwenktaster auf die Regelgeräte geschaltet werden. Nach Ablauf der Vorheizzeit von 30 Sekunden wird die Betriebsbereitschaft der Regelgeräte durch weitere Kontrollampen angezeigt. Die wahlweise Umschaltung der Regelgeräte auf die Schneidmaschinen bei Störungen ist gleichfalls möglich. Eine weitere Lampenreihe zeigt den Zustand „Betrieb" an. Dieser Vorgang wird ebenfalls durch Schwenktaster geschaltet. Über den Einzelbedienungen befinden sich die gemeinsamen Einsteller für Drehzahl und Sollgewicht mit dem Umschalter. Das Gewicht der Schnitzel ist an einem Instrument ablesbar. Auf unzulässige hohe Temperaturen im Schaltraum der elektronischen Regelgeräte macht das Flackern einer Kontrollampe aufmerksam.

Gesehen — gehört — glossiert!

● (ADN) Der Abgeordnete im Schweizer Nationalrat A. Forel forderte einen erweiterten Handel mit den Ländern der Planwirtschaft. In der „Neuen Zürcher Zeitung" fanden wir als Illustration hierzu folgende Annonce: „Laufend gesucht größere Posten Armbanduhren (billigste Typen) für Ost-Export. Preisofferten mit Abbildungen unter Chiffre A 6275 an . . ." usw.

Klügere Handelsleute, die Wert auf engere Verbindung mit dem Osten legen, haben allerdings schon längst erkannt, daß hier eine andere Parole opportun ist:

Es bietet kaum der feine Mann
dem Osten Ladenhüter an!

● Eulen sind als kluge Vögel bekannt; werden sie aber nach Athen getragen, so hat das mit Klugheit nichts mehr zu tun (denn dort gibt es schon genügend!). Dieser klassische Vergleich drängte sich uns auf, als wir in der Empfangshalle der HV Funk (Ministerium für Post- und Fernmeldewesen) in weißen Lettern auf rotem Grund die edle Absicht der HV-Mitarbeiter entdeckten: „Unser Ziel sei das drahtlose Nachrichtenwesen zu verbessern" (wohlgemerkt: „sei" — und ohne Komma!).

Potztausend auch! Hat sich schon jetzt
die HV Funk dies' Ziel gesetzt?[1])

● „Laßt uns doch um Gotteswillen die fernsehfreien Tage! Diese Bitte wird wohl jeder Fernsehteilnehmer unterstützen, der über einen größeren Familien- und Bekanntenkreis verfügt . . .!" („Radioschau", Wien, Heft 4/1956.)

Oh Graus! Bald treibt der Fernsehsport
die Bürger noch zum Tantenmord!

[1]) *Für ganz lange (Post- und Fernmelde-) Leitungen: Nicht die HV Funk, sondern diese und andere lächerliche Blüten des Losungs- und Transparent-Unwesens sollen hiermit ans Transparent genagelt werden!*

HELMUT STRAUSS

Eine Meßbrücke für komplexe Widerstände

In Labor und Rundfunkwerkstatt benötigt man oft eine Meßbrücke zum Messen von Widerständen, Kapazitäten und Induktivitäten, die bei möglichst vielseitiger Verwendbarkeit und handlicher Bedienung ein schnelles Ablesen des Meßergebnisses ohne komplizierte Umrechnung gestattet, wobei eine Meßgenauigkeit von 5% für die meisten Fälle ausreichend ist. Ein in dieser Hinsicht sehr brauchbares Gerät ist zum Beispiel das häufig verwendete „Philoscop“ der Firma Philips. Diese Brücke hat jedoch den Nachteil, daß sich mit ihr keine Induktivitäten messen lassen. Nachstehend wird nun eine Brücke beschrieben, die die Messung von Widerständen, Kapazitäten und Induktivitäten sowie des Verlustwinkels, das heißt des Wirkwiderstandsanteils von Blindschaltelementen gestattet. Die Messungen können mit drei verschiedenen Frequenzen durchgeführt werden. Dadurch ergibt sich ein sehr großer Meßbereichumfang, der bei nur einer Meßfrequenz mit einfachen Mitteln nicht zu erreichen wäre. Außerdem wird hierdurch die Bestimmung der Frequenzabhängigkeit des Verlustwinkels, die zum Beispiel bei Eisendrosseln und -Übertragern beträchtlich ist, ermöglicht. Das Ergebnis aller Messungen kann ohne Umrechnung direkt abgelesen werden. Die Schaltung wurde so ausgelegt, daß das Gerät mit einfachen Mitteln aufgebaut und geeicht werden kann.

Theoretische Grundlagen der Brückenschaltung

Das Grundprinzip der Brückenschaltung zeigt Bild 1. Nimmt man zunächst die Widerstände in allen vier Brückenzweigen als komplex an, so ergibt sich die Abgleichbedingung:

$$\frac{\mathfrak{R}_1}{\mathfrak{R}_2} = \frac{\mathfrak{R}_3}{\mathfrak{R}_4} \text{ oder } \mathfrak{R}_1\mathfrak{R}_4 = \mathfrak{R}_2\mathfrak{R}_3. \qquad (1)$$

Durch einen Betriebsartenumschalter kann die Schaltung der Brücke dem jeweiligen Verwendungszweck angepaßt werden. Prinzipiell sind drei Betriebsarten möglich:

1. Messung von Widerständen

Die Brücke ist nach Bild 2 als einfache Wheatstonesche Brücke geschaltet. Alle Widerstände sind reell. Der zu messende Widerstand liegt im Zweig 4. R_1 ist ein fester Normalwiderstand; R_3 ist dekadisch umschaltbar und dient zum Einstellen des Meßbereiches. Der eigentliche Abgleich erfolgt dann an R_2. Es gilt nach Gleichung (1) die Abgleichbedingung:

$$R_x = R_4 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}. \qquad (2)$$

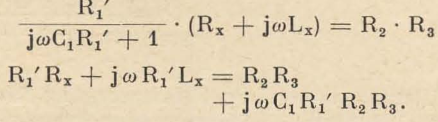
R_2 besteht aus einer Widerstandsdekade von $10 \cdot 100\,\Omega$ zum Grobabgleich und einem Drahtpotentiometer von $100\,\Omega$ zum Feinabgleich.

2. Messung von Induktivitäten

Hierzu wird die Brücke als Maxwell-Brücke (Bild 3) geschaltet. C_1 ist ein Normalkondensator, R_3 dient wieder zur Bereichswahl und R_2 zum Abgleich. R_1' ist für die Induktivitätsmessung ein hochohmiger Regelwiderstand. Setzt man in Gleichung (1) die Werte für die Widerstände ein, so ergibt sich:

$$\mathfrak{R}_1 \cdot \mathfrak{R}_4 = \mathfrak{R}_2 \cdot \mathfrak{R}_3$$

$$\frac{R_1' \cdot \frac{1}{j\omega C_1}}{R_1' + \frac{1}{j\omega C_1}} \cdot (R_x + j\omega L_x) = R_2 \cdot R_3$$



$$\frac{R_1'}{j\omega C_1 R_1' + 1} \cdot (R_x + j\omega L_x) = R_2 \cdot R_3$$

$$R_1' R_x + j\omega R_1' L_x = R_2 R_3 + j\omega C_1 R_1' R_2 R_3.$$

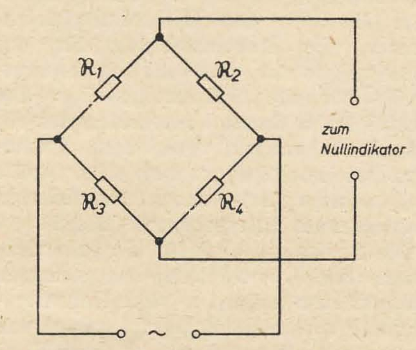


Bild 1: Prinzipschaltung der Meßbrücke

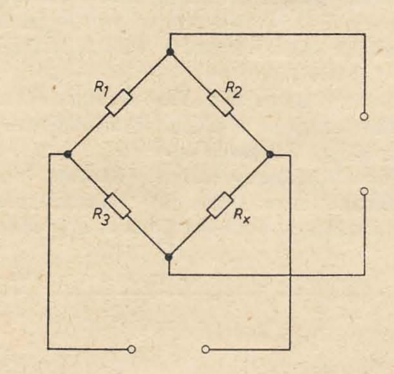


Bild 2: Prinzipschaltung für die R-Messung

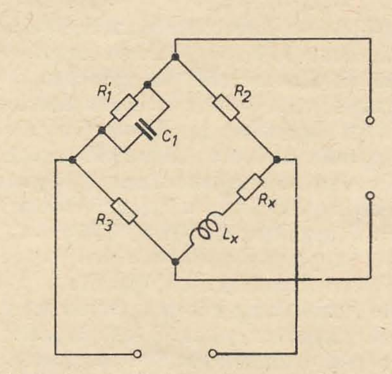


Bild 3: Prinzipschaltung für die L-Messung

Ein Vergleich der Real- und der Imaginärteile ergibt die Abgleichbedingungen:

$$R_x = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1'} \text{ und} \qquad (3\text{a})$$

$$L_x = R_2 R_3 C_1. \qquad (3\text{b})$$

R_x ist hierin der Verlustwiderstand der gemessenen Spule, der bei Eisen- und Massekernspulen nicht identisch mit dem Gleichstromwiderstand der Wicklung ist, der zum Beispiel mit einem Ohmmeter gemessen würde. Er ist vielmehr eine theoretische Größe, die die Verluste der Spule charakterisiert und mit wachsender Frequenz zunimmt. Daher interessiert im allgemeinen auch nicht sein absoluter Wert, sondern sein Verhältnis zum Blindwiderstand der betreffenden Spule, das durch den Verlustfaktor $\tan \delta$[1]) ausge-

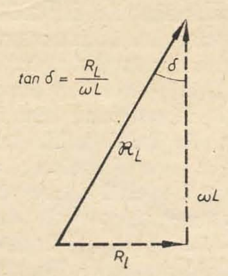


Bild 4: Ermittlung des Verlustwinkels δ

drückt wird. Es ist demnach $\tan \delta = R_x'/\omega L_x$. δ ist nach Bild 4 der Phasenwinkel zwischen dem Scheinwiderstand und dem Blindwiderstand der Spule bzw. den zugehörigen Spannungsabfällen. Anders ausgedrückt: δ ist der Phasenfehler von $\mathfrak{R}_L$ oder $\mathfrak{U}_L$ gegenüber dem Scheinwiderstand bzw. Spannungsabfall einer idealen Induktivität. Daher wird δ auch als Fehlwinkel bezeichnet oder durch die Spulengüte

$$\varrho = \frac{\omega L}{R_L} = \frac{1}{\tan \delta}$$

ausgedrückt.

Mit den Abgleichbedingungen (3a und 3b) ergibt sich für $\tan \delta$:

$$\tan \delta = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1'} \cdot \frac{1}{\omega C_1 R_2 R_3} = \frac{1}{\omega C_1 R_1'}. \qquad (4)$$

Da nach Gleichung (4) der $\tan \delta$ von den Einstellungen der Widerstände R_2 und R_3 unabhängig ist, kann R_1 direkt in $\tan \delta$-Werten geeicht werden. Während die Abgleichbedingungen frequenzunabhängig waren, ist Gleichung (4) frequenzabhängig. Um trotzdem mit einer $\tan \delta$-Eichung für alle drei Meßfrequenzen auszukommen, wird zugleich mit der Frequenzumschaltung auch C_1 umgeschaltet, und zwar so, daß zum Beispiel bei zehnfacher Meßfrequenz C_1 auf $1/10$ verkleinert wird. Das hat den Vorteil, daß der Scheinwiderstand des Kondensators $1/\omega C_1$ konstant bleibt. Dadurch vermeidet man bei geeigneter Dimensionierung von R_2, daß das Verhältnis $\mathfrak{U}_{C1}/\mathfrak{U}_{R2}$ sehr große oder sehr kleine Werte annimmt, bei denen die Brücke zu unempfindlich wird (die größte Empfindlichkeit liegt bei $\mathfrak{U}_{C1}/\mathfrak{U}_{R2}$

[1]) Vgl. RADIO UND FERNSEHEN Nr. 3 (1956) S. 78 „Neue mathematische Zeichen“.

= 1). Falls wirklich einmal der Absolutbetrag des Verlustwiderstands R_x interessiert, kann man ihn aus der tan δ-Ablesung sehr einfach nach

$$R_x = \tan\delta \cdot 2\pi f\, L_x \qquad (5)$$

errechnen, wobei f die verwendete Meßfrequenz und L_x der abgelesene Induktivitätswert ist.

Für verlustarme Luftspulen ist R_x annähernd gleich dem Gleichstromwiderstand der Spule. Legt man auch bei Eisenkernspulen Wert auf die Möglichkeit, den Gleichstromwiderstand zu messen, so muß an der Meßbrücke eine Erweiterung vorgenommen werden, die noch beschrieben wird.

3. Messung von Kapazitäten

Die Brücke wird, wie Bild 5 zeigt, in der üblichen, von der Wheatestoneschen Brücke abgeleiteten Schaltung betrieben. Zu beachten ist, daß in der Schaltung jetzt die Brückenzweige 3 und 4 vertauscht sind, um auf ähnliche Abgleichbedingungen wie vorher zu kommen. Daher ist jetzt

$$\mathfrak{R}_x \cdot \mathfrak{R}_2 = \mathfrak{R}_1 \mathfrak{R}_3. \qquad (6)$$

Der verlustbehaftete Prüfling wird als Parallelschaltung eines idealen Kondensators mit einem Verlustwiderstand betrachtet, der im wesentlichen die Isolationsverluste darstellt. Der tan δ hat daher meist nur bei Elektrolytkondensatoren Bedeutung. Durch Einsetzen der Widerstandswerte in Gleichung (6) erhält man die Abgleichbedingungen:

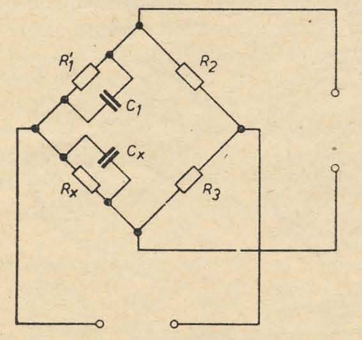


Bild 5: Prinzipschaltung für die C-Messung

$$\frac{R_x \cdot \frac{1}{j\omega C_x}}{R_x + \frac{1}{j\omega C_x}} \cdot R_2 = \frac{R_1' \cdot \frac{1}{j\omega C_1}}{R_1' + \frac{1}{j\omega C_1}} \cdot R_3$$

$$\frac{R_x R_2}{j\omega C_x R_x + 1} = \frac{R_1' R_3}{j\omega C_1 R_1' + 1}$$

$$R_2 R_x + j\omega C_1 R_1' R_x R_2 = R_1' R_3 + j\omega C_x R_x R_1' R_3$$

$$R_x = \frac{R_1' R_3}{R_2} \qquad (7a)$$

$$C_x = \frac{C_1 R_2}{R_3}. \qquad (7b)$$

Für eine Parallelschaltung von R und C ist tan δ sinngemäß als Verhältnis von Wirk- zu Blindleitwert definiert. Somit ist wieder:

$$\tan\delta = \frac{1}{R_x \cdot \omega C_x} = \frac{R_2}{R_1' R_3} \cdot \frac{R_3}{\omega C_1 R_2} = \frac{1}{\omega C_1 R_1'}. \qquad (8)$$

Die tan δ-Eichung hat also für L- und C-Messung Gültigkeit. Den Absolutwert von R_x erhält man aus den Ablesungen nach der Gleichung

$$R_x = \frac{1}{\tan\delta \cdot \omega C_x}. \qquad (9)$$

Dimensionierung der Brückenschaltelemente

Der Dimensionierung der Brückenwiderstände sind die unter 2. angeführten Richtlinien bezüglich des Verhältnisses $|\mathfrak{R}_1| / |\mathfrak{R}_2|$ im Abgleichpunkt zugrunde zu legen. Die Widerstände dürfen nicht zu hochohmig sein, um die Störeinstreuung in den Gitterkreis des Anzeigeverstärkers und den Einfluß der Streukapazitäten gering zu halten. Sie dürfen aber auch nicht zu niedrig sein, da sonst die Meßspannungsquelle überlastet wird.

Optimale Betriebsverhältnisse ergeben sich etwa bei folgenden Werten:

$R_2 = R_2' + R_2''$

$R_2' = 10 \cdot 100$-Ω-Dekade; $R_2'' = 100$-Ω-Drahtregler (Bild 9).

Daraus folgt ein Regelbereich von 1:11 (100 bis 1100 Ω), in dem eine minimale Genauigkeit von 2% erreicht wird, wenn man voraussetzt, daß bei $R_2 = 100\,\Omega$, das heißt völlig abgeschalteter Dekade, eine Einstellgenauigkeit von ±2 Ω am Regler (entspricht 50 Skalenteilen auf 270° Drehwinkel) erreichbar ist. Bei $R_2 = 1000\,\Omega$ ist dann die Genauigkeit bereits 0,2%, also weit höher als die der Normalien.

Der Normalwiderstand R_1 beträgt 200 Ω. Damit ergibt sich das für die Empfindlichkeit maßgebliche Verhältnis R_1/R_2 bei R-Messung zu 0,18 bis 2.

Die drei Meßfrequenzen und die zugehörigen Normalkondensatoren werden wie folgt festgelegt:

$f_1 = 10^2$ Hz $C_{1a} = 5\,\mu F$
$f_2 = 10^3$ Hz $C_{1b} = 0{,}5\,\mu F$
$f_3 = 10^4$ Hz $C_{1c} = 0{,}05\,\mu F$

Damit wird für alle drei Frequenzen der Blindwiderstand des Kondensators $1/\omega C = 320\,\Omega$, und das Verhältnis $|\mathfrak{R}_1|/R_2$ bei L- und C-Messung liegt demnach zwischen 3,2 und 0,34.

Die Bereichsdekade R_3 erhält die Werte: 20 Ω, 200 Ω, 2 kΩ, 20 kΩ, 200 kΩ, 2 MΩ.

Berücksichtigt man, daß durch das Umschalten von C_1 bei Änderung der Meßfrequenz die Abgleichbedingungen (3a, 3b) und (7a, 7b) frequenzabhängig geworden sind, so ergeben sich Meßbereiche nach Tabelle 1.

Für R- und L-Messungen kann R_2 einheitlich geeicht werden. Für C-Messungen ist dagegen eine besondere Eichung vorzunehmen. Der eingestellte Meßbereich wird am Umschalter von R_3 abgelesen, der zu diesem Zweck sieben Teilungen erhält. Zum Ermitteln des Meßwertes werden die Ablesungen von R_2' und R_2'' addiert und mit dem an R_3 abgelesenen Bereichsfaktor multipliziert.

Der tan δ der gebräuchlichen Kondensatoren liegt etwa zwischen 0,1 und 10%. Um jedoch mit der Brücke auch beliebige komplexe Widerstände, zum Beispiel Eingangswiderstände von Netzwerken, Fernmeldeleitungen usw., bestimmen zu können, deren Wirkanteil oft weit größer als der Blindanteil ist, wird R_1' so bemessen, daß tan δ-Werte von 0,03 bis 3000% erfaßt werden können. Man erreicht das durch Parallelschaltung zweier logarithmischer Potentiometer von 1 MΩ und 1 kΩ, die durch einen Kippschalter wahlweise angeschaltet werden können. Die Achsen beider Potentiometer sind starr miteinander gekuppelt (Bild 6). Ist der Widerstandsverlauf bei beiden Potentiometern gleich, so können sie eine gemeinsame Skalenteilung erhalten, die Bild 7 entnommen werden kann. Es empfiehlt sich, vor der Eichung den Widerstandsverlauf der Potentiometer zu kontrollieren, indem der Widerstand bei verschiedenen Drehwinkeln mit einer R-Brücke gemessen und danach eine R-Eichkurve gezeichnet wird. Nach dieser erfolgt dann die tan δ-Eichung. Voraussetzung

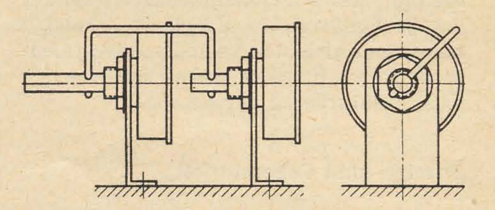
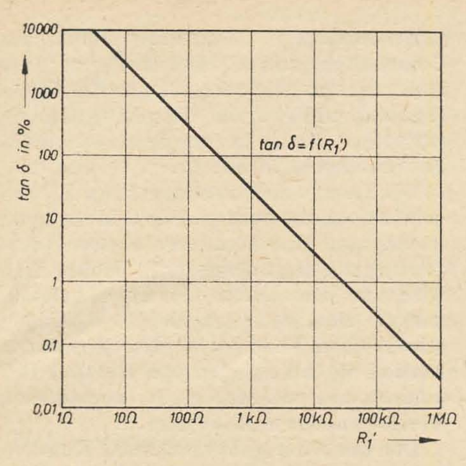


Bild 6: Kupplung der Potentiometer

Tabelle 1

		C_x			L_x		
R_3	R_x	10^2 Hz	10^3 Hz	10^4 Hz	10^2 Hz	10^3 Hz	10^4 Hz
20 Ω	10 bis 110 Ω	25 bis 275 μF	2,5 bis 27,5 μF	0,25 bis 2,75 μF	10 bis 110 mH	1 bis 11 mH	0,1 bis 1,1 mH
200 Ω	100 bis 1100 Ω	2,5 bis 27,5 μF	0,25 bis 2,75 μF	25 bis 275 nF	100 bis 1100 mH	10 bis 110 mH	1 bis 11 mH
2 kΩ	1 bis 11 kΩ	0,25 bis 2,75 μF	25 bis 275 nF	2,5 bis 27,5 nF	1 bis 11 H	0,1 bis 1,1 H	10 bis 110 mH
20 kΩ	10 bis 110 kΩ	25 bis 275 nF	2,5 bis 27,5 nF	0,25 bis 2,75 nF	10 bis 110 H	1 bis 11 H	0,1 bis 1,1 H
200 kΩ	0,1 bis 1,1 MΩ	2,5 bis 27,5 nF	0,25 bis 2,75 nF	25 bis 275 pF	100 bis 1100 H	10 bis 110 H	1 bis 11 H
2 MΩ	1 bis 11 MΩ						



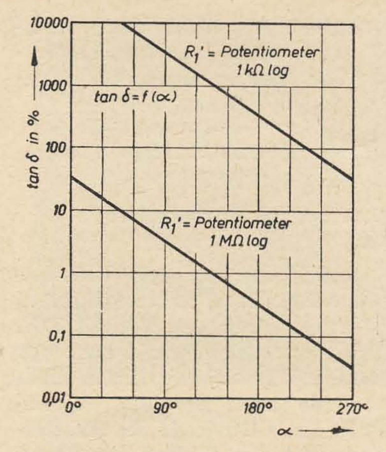


Bild 7: Eichkurven für die Skaleneinteilung der Potentiometer

für deren Genauigkeit ist natürlich, daß der tan δ des Normalkondensators bei der jeweils verwendeten Frequenz erheblich unter dem kleinsten zu messenden tan δ-Wert liegt. Es sind daher hochwertige Kondensatoren zu verwenden.

Anzeige- und Generatorteil

Die Gesamtschaltung der Meßbrücke in Allstromausführung zeigt Bild 9. Wenn man auf Trennung der Brücke vom Netz Wert legt, was zum Beispiel beim Messen von einseitig geerdeten Schaltelementen, die nicht aus der Schaltung gelöst werden können, notwendig ist, kann das Gerät natürlich auch für Wechselstromnetzanschluß mit den Röhren EF 80, EL 84 und EM 11 aufgebaut werden. In Allstromausführung dient eine UEL 51 als Generator und Anzeigeverstärker. Als Abgleichanzeiger wird eine UM 11 verwendet. Die Schaltung des Netzteils weist keine Besonderheiten auf. Das L-System der UEL 51 arbeitet als Meßfrequenzgenerator in Schwingaudionschaltung. Die Rückkopplungstransformatoren für den Generator werden auf Eisenkerne M 30×10 nach Angaben der Tabelle 2 gewickelt.

Das E-System der UEL 51 arbeitet als normaler Widerstandsverstärker. Die Anodenwechselspannung dieser Röhre wird durch einen Sirutor gleichgerichtet und dem Gitter der UM 11 zugeführt. Der Abgleich der Brücke erfolgt dann auf minimalen Leuchtwinkel der UM 11.

Wenn auf die Möglichkeit zum Messen des Gleichstromwiderstandes von Spulen Wert gelegt wird, muß der Meßfrequenzwähler eine vierte Schaltstellung erhalten, in der die Brücke aus dem Netzteil mit Gleichspannung gespeist wird. Da diese Betriebsspannung einseitig geerdet ist, muß zugleich die bei Betrieb mit Wechselspannung notwendige Erdung von Punkt 4 aufgehoben werden, da sonst der Brückenzweig 2—4 kurzgeschlossen wäre.

Das Gitter der Anzeigeverstärkerröhre kann am Punkt 3 belassen werden, weil der dadurch parallel zu R_2 liegende Widerstand R_4 von 1 MΩ den Meßwert praktisch nicht fälscht. Die notwendigen Umschaltungen werden, wie aus der Gesamtschaltung Bild 9 ersichtlich ist, durch zwei zusätzliche Kontaktsätze von S_4 vorgenommen. Als Nullindikator wird bei Gleichspannungsbetrieb ein Drehspulmeßwerk mit etwa 100 μA Vollausschlag verwendet.

Für den mechanischen Aufbau der Brücke wählt man zweckmäßig die im Bild 8 dargestellte Anordnung der Bedienungselemente, da sich dann die günstigsten elektrischen Verhältnisse ergeben. Der gesamte Brückenteil wird mit einer Abschirmhaube versehen. Der Generator- und Anzeigeteil findet, von vorn gesehen, links von der Brücke, der Netzteil auf der rechten Seite Platz. Ebenfalls ist aus Bild 8 die Bezeichnung der Skalen ersichtlich.

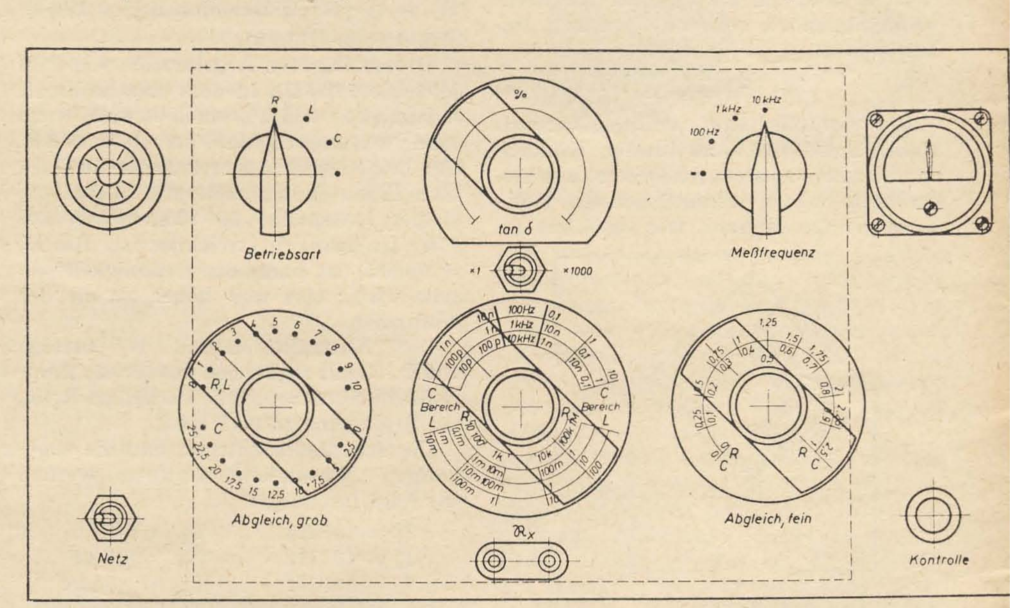


Bild 8: Ansicht der Frontplatte der Meßbrücke

Einfluß der Schaltkapazitäten

Die zwischen den Punkten 1 und 4 sowie 2 und 4 der Brücke liegenden Schaltkapazitäten wirken sich störend auf die Messung aus. C_{2-4} verfälscht bei L-Messung die Meßwerte für L und tan δ, während C_{1-4} lediglich die Schärfe des Abgleichminimums beeinträchtigt. Bei C-Messung werden die Meßwerte für C und tan δ durch C_{1-4} verfälscht; C_{2-4} hat hier den gleichen Einfluß wie C_{1-4} bei L-Messung. Diese Kapazitäten müssen daher durch kapazitätsarme Ausführung der Ankopplungswicklungen und entsprechende Leitungsverlegung möglichst klein gehalten werden. Sie wirken sich praktisch nur bei R_3 = 200 kΩ bzw. 2 MΩ aus. Bei L- und C-Messungen in diesen Bereichen ist daher im allgemeinen lediglich eine Meßgenauigkeit zwischen 5 und 20% zu erreichen (je nach Größe von L_x bzw. C_x), so daß hier nur größenordnungsmäßige Messungen durchgeführt werden können. Die Kapazitäten C_{1-3}, C_{2-3} und C_{1-2} haben keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit. Widerstandsmessungen bei R_3 = 200 kΩ bzw. 2 MΩ können bei Betrieb mit Gleichspannung genau durchgeführt werden.

Tabelle 2

	10^2 Hz	10^3 Hz	10^4 Hz
Schwingkreiswicklung	5500 Wdg. 0,07 ∅	1750 Wdg. 0,15 ∅	550 Wdg. 0,2 ∅
Rückkopplungswicklung	1000 Wdg. 0,07 ∅	350 Wdg. 0,15 ∅	200 Wdg. 0,2 ∅
Ankopplungswicklung	250 Wdg. 0,3 ∅	50 Wdg. 0,3 ∅	50 Wdg. 0,2 ∅
C_s	0,25 μF	25 nF	2,5 nF
C_g	5000 pF	1000 pF	200 pF

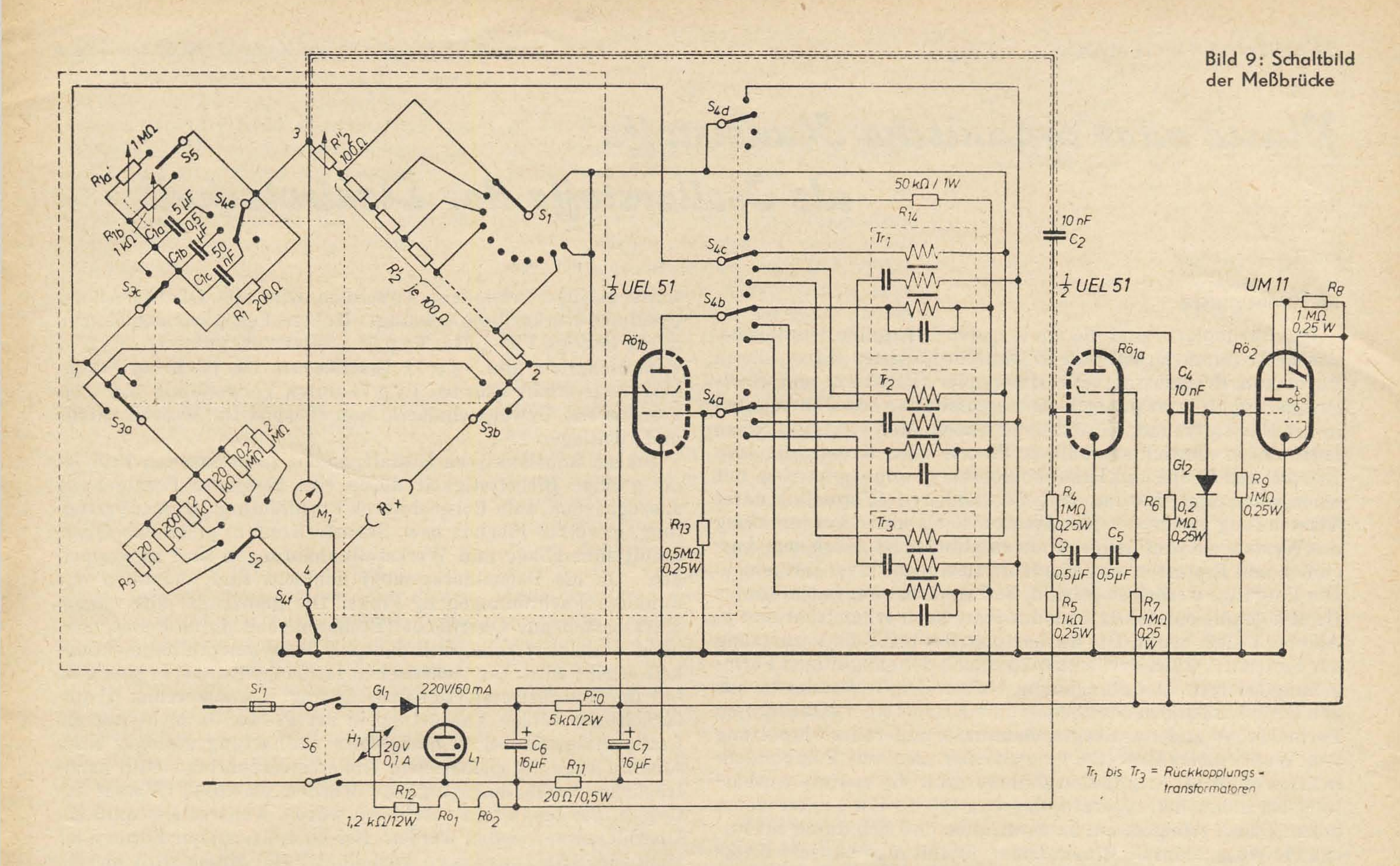


Bild 9: Schaltbild der Meßbrücke

Verwendete Einzelteile

Teil	Stück	Benennung	Größe	Bemerkungen
R_1	1	Schichtwiderstand	200 Ω ± 1%	
R_{1a}'	1	Potentiometer	1 MΩ log.	
R_{1b}'	1	Potentiometer	1 kΩ log.	
R_2'	10	Schichtwiderstand	100 Ω ± 1%	
R_2''	1	Drahtpotentiometer	100 Ω	
R_{3a}	1	Schichtwiderstand	20 Ω ± 1%	
R_{3b}	1	Schichtwiderstand	200 Ω ± 1%	
R_{3c}	1	Schichtwiderstand	2 kΩ ± 1%	
R_{3d}	1	Schichtwiderstand	20 kΩ ± 1%	
R_{3e}	1	Schichtwiderstand	200 kΩ ± 1%	
R_{3f}	1	Schichtwiderstand	2 MΩ ± 1%	
R_4	1	Schichtwiderstand	1 MΩ 0,25 W	
R_5	1	Schichtwiderstand	100 kΩ 0,25 W	
R_6	1	Schichtwiderstand	200 kΩ 0,25 W	
R_7	1	Schichtwiderstand	1 MΩ 0,25 W	
R_8	1	Schichtwiderstand	1 MΩ 0,25 W	
R_9	1	Schichtwiderstand	1 MΩ 0,25 W	
R_{10}	1	Schichtwiderstand	5 kΩ 2 W	
R_{11}	1	Schichtwiderstand	20 Ω 0,5 W	
R_{12}	1	Drahtwiderstand	1,2 kΩ 12 W	
R_{13}	1	Schichtwiderstand	500 kΩ 0,25 W	
R_{14}	1	Schichtwiderstand	50 kΩ 1 W	
H_1	1	Heißleiter	20 V/0,1 A	
C_{1a}	1	Kondensator	5 µF	verlustfrei
C_{1b}	1	Kondensator	0,5 µF	verlustfrei
C_{1c}	1	Kondensator	0,05 µF	verlustfrei
C_2	1	Kondensator	10 nF	
C_3	1	Kondensator	0,5 µF	

Teil	Stück	Benennung	Größe	Bemerkungen
C_4	1	Kondensator	10 nF	
C_5	1	Kondensator	0,5 µF	
C_6	1	Elektrolytkondensator	16 µF/350 V	
C_7	1	Elektrolytkondensator	16 µF/350 V	
Tr_1	1	Rückkopplungstransformator		Wickelangaben für
Tr_2	1	Rückkopplungstranformator		Tr_1 bis Tr_3
Tr_3	1	Rückkopplungstransformator		siehe Text
M_1	1	Drehspulmeßinstrument (Nullpunkt in Skalenmitte)	etwa 100 µA	
S_1	1	Stufenschalter	11 Stufen	
S_2	1	Stufenschalter	6 Stufen	
S_3	1	Schalter	3 × 3	
S_4	1	Schalter	6 × 4	
S_5	1	Kippumschalter	einpolig	
S_6	1	Kippausschalter	zweipolig	
$Rö_1$	1	Röhre UEL 51		mit Fassung
$Rö_2$	1	Röhre UM 11		mit Fassung
Gl_1	1	Gleichrichter	220 V/60 mA	
Gl_2	1	Sirutor		
Si_1	1	Sicherung		
L_1	1	Glimmlampe		mit Fassung

Aus USA wird berichtet: Rundfunkempfänger mit Sonnenbatterien

Nach einer Mitteilung der Zeitschrift „Radio Electronics“ beschäftigt sich jetzt auch die amerikanische Firma Admiral mit der Entwicklung von Geräten, die mit einer Sonnenbatterie betrieben werden. Das erste Entwicklungsmuster dieser Art ist ein mit acht Transistoren und einer 7-Zellen-Sonnenbatterie bestückter Koffersuper. Für den Betrieb in der Dämmerung ist eine Esatzbatterie vorhanden, während die Sonnenbatterie in der Nacht von einer 100-W-Glühlampe aktiviert werden kann.

Als nächste Entwicklungsstufe ist ein Gerät mit automatischer Verstärkungsregelung vorgesehen, um die unterschiedliche Beleuchtungsstärke an wolkigen Tagen zu kompensieren. Außerdem wird an einer weiteren Verbesserung der Sonnenzellen und nachladbaren Batterien gearbeitet.

Interessant ist die erwogene Möglichkeit, das ganze Gerät bei Verwendung gedruckter Schaltungen in einem allseitig fest geschlossenen Plastikgehäuse mit Garantie für eine bestimmte Lebensdauer zu liefern.

Plaste oder organische Kunststoffe als Isolierstoffe der Elektrotechnik 3. Teil

12. Phenoplaste

Die Phenoplaste sind die am längsten bekannten Duroplaste, das heißt durch Druck und Wärme aushärtbare Harze, die in Form von Preßmassen oder Hartpapier (Pertinax) und Hartgewebe wegen ihrer guten Isoliereigenschaften seit Jahrzehnten in der Elektrotechnik Verwendung finden. Man erhitzt in einem bestimmten Gewichtsverhältnis Phenol oder Kresol, die zum Beispiel aus Stein- und Braunkohlenteer gewonnen werden, mit einer wässerigen Lösung von Formaldehyd (Formalin) unter Verwendung geeigneter Katalysatoren, bis unter Verdampfung des Wassers ein zähflüssiges Harz entstanden ist. Nach dem Ausgießen und Erstarren wird das Harz zu einem Pulver zermahlen. Die Vorgänge werden so geleitet, daß zunächst nur fadenförmige Großmoleküle entstehen, also das Harz noch schmelzbar und in Alkohol löslich bleibt. Die Aushärtung, das heißt die Vernetzung der Fadenmoleküle, darf erst später nach der endgültigen Formgebung erfolgen. Der allmähliche Aufbau der Großmoleküle aus den Grundmolekülen des Phenols oder Kresols einerseits und dem Formaldehyd andererseits geschieht unter dauernder Abspaltung von Wassermolekülen. Es handelt sich also um Polykondensationsvorgänge. Aus diesem Grunde muß die spätere Aushärtung bei höheren Temperaturen (etwa 160 bis 170°) unter einem hohen Druck erfolgen, um zu vermeiden, daß sich durch entweichende Wasserdämpfe Blasen bilden. Wählt man basische Katalysatoren und überwiegend Kresol, so entsteht ein langsam aushärtendes Harz, ein sogenanntes Resol. Bei Verwendung von Phenol und sauren Katalysatoren erhält man schnell aushärtende Harze, die Novolake, bei deren Herstellung jedoch nur so viel Formaldehyd verwendet wird, daß eine Vernetzung der Moleküle, das heißt Aushärtung, noch nicht erfolgen kann.

Das reine Harz ist spröde (Verwendung als „Edelkunstharz"). Die hohe technische Bedeutung erhält es erst, wenn die Festigkeit durch Füllstoffe (Harzträger), wie Holzmehl, Gesteinsmehl, Textilfasern usw., gesteigert wird. Man unterscheidet Preßmassen und Schichtstoffe. Die Preßmasse muß so abgestimmt sein, daß sie beim Erhitzen in der Presse ein bestimmtes Fließvermögen und eine bestimmte Härtungszeit besitzt; denn kleinere, flachere Gegenstände erfordern eine schnell aushärtende Masse, während in die Tiefe gehende Formen Massen benötigen, die nach dem Flüssig- oder Teigigwerden durch das Erhitzen in der Presse erst die Form vollkommen ausfüllen können, bevor die Aushärtung beginnt. Zur Herstellung einer Schnellpreßmasse vermischt man ein Novolak mit dem Füllstoff, zum Beispiel Holzmehl, dem Farbstoff, einem Formaldehyd abgebenden Stoff (wie oben erwähnt, fehlte dem Novolak die genügende Menge Formaldehyd zur Aushärtung) und 1% Gleitmittel. Für langsam aushärtende Massen wählt man ein Resol als Harz. Die von einem chemischen Werk hergestellten Preßmassen werden an die einzelnen Pressereien weitergegeben.

In der Presse wird eine genau abgewogene Menge (am besten vorgewärmte Tabletten) durch Erwärmen teigig und bei 160 bis 170° unter einem hohen Druck in wenigen Minuten ausgehärtet. Auch Metallteile können mit eingepreßt werden. Die heizbaren Preßformen bestehen aus säurefesten Stählen oder sind hartverchromt und besitzen Hochglanzpolitur. Nach der Aushärtung und Entfernung des Grates ist der Gegenstand vollkommen fertig. Wegen der sehr teuren Presse lohnt es sich nur, genügend hohe Stückzahlen anzufertigen. Die Eigenschaften richten sich nach dem Füllstoff. Die Normblätter DIN 7705 bzw. 7708 Blatt 2 unterscheiden daher verschiedene Typen, für die Mindestwerte festgelegt sind. Für die meisten Zwecke, wie für Schalter, Dosen, Stecker, Telefone, Gehäuse usw., wählt man Typ 31 mit Holzmehl als Füllstoff. Bei hoher Wärmebeanspruchung oder dauernder Feuchtigkeitseinwirkung (Holzmehl zeigt ein gewisses Feuchtigkeitsaufnahmevermögen) wählt man Typ 11 mit Gesteinsmehl als Füllstoff, wodurch jedoch die Festigkeitswerte geringer ausfallen. Außerdem wird die Oberfläche der Preßform stärker beeinträchtigt. Höhere Festigkeit erzielt man durch faserige Füllstoffe. Typ 51 besitzt Zellstoffasern, Typ 54 Papierschnitzel und Typ 71 Textilfasern. Die höchsten Festigkeitswerte erhält man bei Typ 74 durch Verwendung von 1 bis 2 cm^2 große Gewebeschnitzel, zum Beispiel für Maschinenteile und Gleitlager.

Bei der konstruktiven Gestaltung der zu pressenden Teile ist die geringe Biegefestigkeit durch eine geeignete Formgebung auszugleichen, zum Beispiel durch Profilbildung, Rippenversteifung, gewölbte Flächen usw. Scharfe Kanten, plötzliche Querschnittsübergänge und Werkstoffanhäufungen sind zu vermeiden. Da die Phenolharze nicht lichtecht sind, kommen nur dunklere Farbtönungen in Frage. Die glänzende, aus reinem Harz bestehende Oberfläche (Preßhaut) soll durch Feilen usw. nicht verletzt werden, weil dadurch die Wasseraufnahmefähigkeit erhöht wird. Die elektrischen Isoliereigenschaften sind gut, nur die Kriechstromfestigkeit ist gering. Voraussetzung ist natürlich eine völlige Aushärtung in der Presse, da nicht nur die Festigkeitswerte bei ungenügender Aushärtung geringer sind, sondern auch die elektrischen Isoliereigenschaften; denn nachträgliche Aushärtungsvorgänge würden chemisch Wasser erzeugen, das im Innern verbleiben würde. Andererseits muß ein Überhitzen vermieden werden. Bei komplizierteren Formen ist auch ein Spritzpressen vorteilhaft. Die Masse wird hierbei zunächst durch Erwärmen in einem Raum teigig und dann unter sehr hohem Druck durch auf bestimmte Temperatur gehaltene enge Kanäle in die eigentliche Form gepreßt. Auf diese Weise gelangt ein vollkommen gleichmäßig durchgewärmtes Material in der Form zur Aushärtung.

Geschichtete Stoffe sind in Form von Hartpapier, wie zum Beispiel Pertinax, Hartgewebe und Schichtpreßholz, seit langem bekannt. Man tränkt Papierbahnen, Gewebebahnen oder dünne Buchenholzfurniere mit einer alkoholischen Harzlösung, trocknet, schichtet viele Lagen übereinander und härtet zwischen heizbaren Platten in einer Etagenpresse bei etwa 160° unter hohem Druck aus. Das zunächst schmelzende und dann aushärtende Harz verbindet die einzelnen Schichten fest miteinander zu beliebig dicken Platten. Auch Rohre lassen sich herstellen. Nach DIN 7735 unterscheidet man bei Hartpapier vier Klassen je nach dem Harzgehalt und der verwendeten Papiersorte: Klasse I für Hochspannungszwecke, Klasse II für hohe mechanische Beanspruchung, Klasse III für die Fernmeldetechnik (harzreicher, geringere Wasseraufnahmefähigkeit), Klasse IV für hohe Feuchtbeanspruchung (Tropenqualität). Die verschiedenen Typen der Hartgewebe nach DIN 7735 entstehen durch die Wahl von Zellstoff- oder Baumwollgewebe (grob, fein, feinst). Hartgewebe gibt die höchsten Festigkeitswerte. Die verschiedenen Typen Schichtpreßholz findet man in DIN 7707, zum Beispiel für geräuscharme und schwingungsdämpfende Zahnräder (Gegenrad aus Metall von mindestens der gleichen Breite).

13. Aminoplaste

Auch Harnstoff, Dizyandiamid und Melamin geben mit Formaldehyd aushärtbare Harze für Preßmassen. Der Name „Aminoplast" für diese Harze kommt daher, daß die Ausgangsstoffe sogenannte Aminogruppen (NH_2-Gruppen) besitzen, die mit dem Formaldehyd reagieren. Gegenüber den Phenolharzen zeigen die Aminoplaste folgende Vorteile: Sie können in allen hellen Farben, auch in Weiß, hergestellt werden. Sie sind kriechstromfest, geruch- und geschmacklos, aber andererseits zum Teil erheblich teurer. Die mechanischen Eigenschaften, insbesondere die Biegefestigkeit und Schlagzähigkeit, sind bei den Harnstoffharzen geringer als bei den Phenolharzen. Die Melaminharze ergeben jedoch höhere Festigkeitswerte. Die Dizyandiamidharze als „Didi-

Preßmassen" liegen in ihren Festigkeitseigenschaften zwischen den Harnstoff- und Melaminharzen. Die Wärmeformbeständigkeit nach Martens beträgt für Typ 31 (Phenolharz mit Holzmehl) 125°, für die Harnstoffharze nur 100° und für die Melaminharze 135 bis 155°. Als Füllstoff kommen für die sehr hellen Farben Zellulose und für die etwas dunkleren Farben Holzmehl in Frage.

13.1 Die Harnstoffharze

Sie sind die ältesten Aminoplaste und seinerzeit unter dem Namen „Pollopas" bekannt geworden. Die Preßtemperatur von etwa 150° und die Preßzeit müssen genau eingehalten werden. Die richtige Aushärtung kann man durch die Kochprobe kontrollieren: Nach $^1/_4$ Stunde in kochendem Wasser dürfen sich keine Veränderungen zeigen. Da, wie schon erwähnt, die Festigkeitswerte und die Wärmebeständigkeit gegenüber den Phenolharzen geringer sind, werden sie in der Hauptsache nur für farbenfreudige Gebrauchsgegenstände verwendet und für Preßteile der Hochfrequenztechnik, da sie von den Aminoplasten die besten Werte für den dielektrischen Verlustfaktor geben können. Bei 800 Hz beträgt $\tan\delta \approx 0{,}03$, bei 10^6 Hz $\approx 0{,}02$. Die Dauerwärmebeanspruchung beträgt etwa 65°.

Sehr wichtig ist jedoch das kriechstromfeste Harnstoffhartpapier, das unter dem Namen Resopal bekannt ist. Das Harz bildet mit den Zelluloseschichten eine einheitliche Masse ohne Schichtcharakter. Durch Beschriften oder Aufbringen von Zeichnungen auf die zweitoberste Papierlage erhält man dauerhafte abwaschbare Schilder usw. Auch helle Edelholzmaserungen sind möglich, zum Beispiel für Wandverkleidungen bei Eisenbahnwagen und im Schiffsbau. Bei mehrfarbigen Dreischichtenplatten kann man durch Gravieren Schriften und Ornamente in der Farbe der mittleren Schicht herstellen.

13.2 Didi-Preßmassen

Gegenüber den Harnstoffharzen haben die Didi-Preßmassen preßtechnisch günstigere Eigenschaften. Der Preßtemperaturbereich erstreckt sich bei Verwendung von Zellulose als Füllstoff auf 155 bis 165°, bei Holzmehl 165 bis 175°. Die Massen härten in der Presse schnell aus und zeigen ein gutes Fließvermögen. Ein Überhärten ist zu vermeiden. Durch ein Vorwärmen des Pulvers (Tabletten) während 5 bis 10 Minuten bis zum Beginn des Sinterns erhält man eine erhebliche Verbesserung der elektrischen Werte und eine glänzende Oberfläche. Bei richtiger Aushärtung darf nach einer Lagerung von 30 Minuten in kochendem Wasser keine Veränderung eintreten. In der Elektrotechnik werden sie für Spulenkörper, Skalenknöpfe, Gehäuse, Röhrensockel, Kontaktteilhalter, Abdeckkappen, Heizkissenschalter, Steckdosen, Schalter, Telefonapparate usw. verwendet. Die elfenbeinfarbene Didi-Preßmasse ZW 2 mit Zellstoff als Füllstoff hat bei 800 Hz ohne Vorwärmung einen $\tan\delta$ von 0,2, mit Vorwärmung von 0,03. Die Durchschlagsfestigkeit beträgt ohne Vorwärmen 13,0 kV/mm, dagegen mit Vorwärmen 80 kV/mm (Stickstoffwerk Piesteritz).

13.3 Melaminharze

Melamin entsteht durch weitere chemische Veränderung von Dizyandiamid, so daß die daraus hergestellten Harze von allen Aminoplasten die besten Eigenschaften besitzen und zum Teil die der Phenolharze übertreffen. Sie werden in dem Stickstoffwerk Piesteritz unter dem Namen Meladur hergestellt. Sie sind preßtechnisch wesentlich günstiger verarbeitbar, weil für die Härtetemperatur ein bedeutend größerer Bereich zur Verfügung steht (135 bis 170°). Es können normale Stahlformen benutzt werden, da die Masse neutral reagiert. Die Aushärtung erfolgt schnell. Auch hier wirkt es sich sehr günstig aus, wenn die Preßmasse vorgewärmt wird. Die Preßteile besitzen eine besondere Oberflächenhärte. Obwohl die Melaminharze bedeutend teurer sind als Phenolharze, werden sie, weil sie eine geringere Wasseraufnahmefähigkeit, höhere Wärmebeständigkeit, sehr gute Kriechstromfestigkeit und teilweise bessere mechanische Eigenschaften besitzen, in steigendem Maße mit Vorteil in der Elektrotechnik angewendet. In der neu herausgekommenen DIN-Vorschrift 7708 Blatt 3 sind je nach Füllstoff sechs Typen genormt, und zwar 150 (Holzmehl), 152 (Zellulose), 153 (Textilfasern), 154 (Textilschnitzel), 155 (Gesteinsmehl) und 156 (Asbestfasern). Die Dielektrizitätskonstante beträgt für Meladur 5 bis 6, $\tan\delta$ bei 800 Hz $\approx 0{,}1$ und bei 10^6 Hz $\approx 0{,}07$.

14. Ungesättigte Polyesterharze

Bestimmte Säuren, deren Moleküle eine Doppelbindung zwischen zwei C-Atomen enthalten, wie zum Beispiel Maleinsäure,

$$\begin{matrix} HO \\ O \end{matrix}\!\!>\!C-CH=CH-C\!<\!\!\begin{matrix} OH \\ O \end{matrix} \qquad \begin{matrix} CH_2-CH_2 \\ | \quad\;\; | \\ OH \quad OH \end{matrix}$$

Maleinsäure — Äthylenglykol (Äthandiol)

werden mit Glykolen in Gegenwart bestimmter Katalysatoren erhitzt. Man erhält ein Harz, dessen Fadenmoleküle eine bestimmte Anzahl von Doppelbindungen besitzen. Die Entstehung der Fadenmoleküle durch Polykondensation erfolgt unter Einleiten von Stickstoff oder Kohlendioxyd, um die Doppelbindungen vor einer Reaktion mit Luftsauerstoff zu schützen und den entstehenden Wasserdampf abzuleiten. Dieses so entstandene „Kontaktharz" ist für sich allein noch nicht verwendbar und wird in einem polymerisierbaren Lösungsmittel aufgelöst, zum Beispiel in Styrol. Die so entstandene mehr oder weniger zähe Flüssigkeit heißt ungesättigtes Polyesterharz. Nach Zusatz besonderer Katalysatoren, die man wie bei den Epoxydharzen Härter nennt, kann dann das Ganze zu einem harten unlöslichen Plast polymerisiert werden. Hierbei polymerisieren die Lösungsmittelmoleküle, wie zum Beispiel Styrol, zu kürzeren oder längeren Polystyrolmolekülen, die wiederum mit den vorhandenen Doppelbindungen des „Kontaktharzes" reagieren. Hierdurch werden die Fadenmoleküle des Kontaktharzes miteinander durch die verschieden langen Polystyrolmoleküle brückenartig verbunden, wie Bild 6 schematisch darstellt.

Nach der Aushärtung stellt das Ganze also wieder ein netzartiges Raumgebilde dar. Die Aushärtung kann kalt oder warm erfolgen und ohne Anwendung von Druck, da es sich um Polymerisationsvorgänge handelt, also kein Wasser abgespalten wird. Durch die Vielzahl der möglichen Ausgangsstoffe kann man

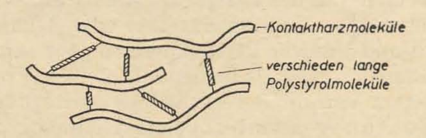


Bild 6: Aushärtung eines ungesättigten Polyesterharzes (schematisch)

die verschiedensten Harztypen herstellen. Bei einer Verarbeitung als Gießharze (ähnlich den Epoxydgießharzen) ist zu berücksichtigen, daß bei der Aushärtung eine Schrumpfung von 6 bis 9% eintreten kann. Durch geeignete Füllstoffe, wie Glimmermehl, kann man das Schrumpfen vermindern.

Ihre besondere Bedeutung haben jedoch die ungesättigten Polyesterharze durch die Verwendung von Glasfasern als Füllstoff erlangt. Im Gegensatz zu dem gewöhnlichen kompakten spröden Glas besitzen Glasseidenfäden von 4 bis 9 μ Stärke (0,004 bis 0,009 mm) eine hohe Biegsamkeit und eine ungewöhnlich hohe Festigkeit. Glas zeigt nämlich eine hohe Oberflächenspannung, die zum Beispiel der Glaser mit seinem Schneiddiamant zerstört. Da ein sehr feiner Glasfaden mehr aus Oberfläche als aus Kernmaterial besteht, kommt bei ihm die Oberflächenspannung besonders zur Geltung und bewirkt die erstaunlich hohe Festigkeit. Etwa 100 bis 200 feinster Glasseidenfäden werden durch Drehen zu einem Garn vereinigt, das zur Herstellung von Geweben dient. Man kann auch durch paralleles Zusammenlegen der Glasseidenfäden einen „Glasseidenstrang" herstellen. Wichtig ist, daß der Glasseidenfaden sofort nach seiner Entstehung mit einer Schlichte besprüht wird, um ihn vor Feuchtigkeit zu schützen und die Reibung bei der textilen Verarbeitung zu vermindern. Außer der aus endlosen Fäden bestehenden Glasseide stellt man auch zum Beispiel durch Zerschneiden von Strängen in 1 bis 5 cm lange Stücke „Stapelfasern" her, die entweder zu einem Garn versponnen oder mit Hilfe eines aufgesprühten Bindemittels zu filzartigen Matten vereinigt werden. Nachdem die Schlichte entfernt ist, meist durch Abbrennen, wird die Glasfaserverstärkung in einer geeigneten Form mit dem ungesättigten Polyesterharz getränkt. Die Aushärtung erfolgt bei 80 bis 125° und einem Druck von 1 bis 5 kp/cm² in 2 bis 20 Minuten. Nach der Entformung kann bei geeigneter Temperatur noch nachgehärtet werden. Verwendet man Glasfaser-

matten, in denen die Fasern wahllos durcheinanderliegen, so erhält man eine nach allen Richtungen gleiche Zugfestigkeit bis zu 24 kp/mm². Die Biegefestigkeit liegt gewöhnlich um 20% höher als die Zugfestigkeit. Wählt man Glasseidengewebe als Verstärkung, so kann die Zugfestigkeit parallel zu den Lagen bis zu 50 kp/mm², quer dazu bis 18 kp/mm² betragen. Im übrigen hat sich für die Formgebung eine besondere Technik entwickelt, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Polyesterglasfaserschichtstoffe werden zur Herstellung von Autokarosserien, Segelbooten bis zu 18 m Länge, Eisenbahnwagen, ferner für Schutzhauben, Gehäuse für Fernsprechanlagen, Antennenstäbe, Armaturenbretter, Isolatoren, Treibstoffbehälter usw. verwendet.

15. Zelluloseabkömmlinge

Die meist durch chemischen Aufschluß aus Holz, Stroh usw. gewonnene Zellulose besteht aus Großmolekülen, die im Gegensatz zu den bisher betrachteten synthetisch aufgebauten Großmolekülen von der Natur geliefert werden. Die Eigenschaften eines Plastes erhält man jedoch erst durch weitere chemische Veränderung der reinen Zellulose. So entsteht durch Einwirkung von Salpetersäure und Verkneten mit Kampfer und Alkohol der älteste thermoplastische Kunststoff Zelluloid, der jedoch wegen seiner leichten Brennbarkeit als Isolierstoff nicht in Frage kommt. Behandelt man die Zellulose mit Essigsäure, so erhält man zunächst das schwer brennbare, aber nicht thermoplastische Zellulosetriazetat, das wegen seiner guten mechanischen Festigkeit und seiner verhältnismäßig geringen Wasseraufnahmefähigkeit als Isolierfolie für Kabel, Motorwicklungen usw. seit langem verwendet wird. Durch Einarbeiten von Weichmachern können die Festigkeitswerte dem Verwendungszweck angepaßt werden. Die Folie ist bis 120° brauchbar. Der Verlustfaktor $\tan\delta$ ist zwar bis 80° ziemlich konstant, jedoch für Hochfrequenzzwecke im allgemeinen zu hoch (bei 800 Hz $15 \cdot 10^{-3}$). Spaltet man einen Teil der Essigsäure wieder ab, so erhält man die thermoplastischen Zellulosediazetate oder Sekundärazetate. Cellon, Ekarit und ähnliche Plaste kommen aber wegen zu hoher Wasseraufnahmefähigkeit als Isolierstoff nicht in Frage. Nur die nach besonderem Verfahren verarbeitete Spritzgußmasse Trolit W und Ecaron (genormte Typenbezeichnung „400") fand für Massenartikel der Fernmeldetechnik Verwendung. Neuerdings wählt man bei der Verarbeitung der Zellulose ein Gemisch von Essigsäure und Buttersäure. Die Erzeugnisse mit dem chemischen Namen Zelluloseazetobutyrat haben eine bedeutend höhere Geschmeidigkeit und Schlagzähigkeit, geringe Wasseraufnahmefähigkeit und sind gute Spritzgußmassen. Sie finden für Schaltbretter, Schaltergriffe, Lenkradumkleidungen, Kabelisolierung usw. Verwendung. Der Verlustfaktor $\tan\delta$ beträgt bei 800 Hz etwa 10 bis $12 \cdot 10^{-3}$, die Dielektrizitätskonstante 5. Das neue Normblatt DIN 7708 Blatt 7 enthält drei Typen, 411, 412 und 413, die sich in der mechanischen Festigkeit, der Wärmeformbeständigkeit und in der Wasseraufnahmefähigkeit unterscheiden.

Sehr gute Isoliereigenschaften besitzt die ziemlich wenig bekannte Benzylzellulose, die sich durch eine hohe Schlagzähigkeit und geringe Wasseraufnahmefähigkeit auszeichnet. Sie kann ebenfalls als Spritzguß verarbeitet werden. Als Isolierfolie hätte sie zwar eine Dielektrizitätskonstante von 5 und einen $\tan\delta$ von nur $5 \cdot 10^{-3}$ bei 800 Hz und $11 \cdot 10^{-3}$ bei 10^6 Hz, jedoch beginnt die Erweichung schon bei 80°. Benzylzellulose gibt hochwertige wasserfeste Isolierlacke.

16. Silikone

Die Silikone stellen eine neuartige Gruppe von Plasten dar, bei denen außer Kohlenstoff noch das Element Silizium (Si) am Aufbau beteiligt ist. Die Si-Atome sind wie die C-Atome vierwertig und können in Abwechslung mit Sauerstoffatomen (O) außerordentlich stabile Ketten bilden:

```
    |      |      |      |
  —Si—O—Si—O—Si—O—Si—O—
    |      |      |      |
```

Solche Atomketten in mehr oder weniger starker Vernetzung spielen bei den Gläsern, den keramischen Werkstoffen und den Gesteinen eine Rolle (Silikatchemie). Diese Stoffe zeichnen sich bekanntlich durch ungewöhnlich hohe Temperaturbeständigkeit aus. Hängt man nun an die noch freien Wertigkeiten einer solchen —Si—O—Si-Kette organische, also kohlenstoff- und wasserstoffhaltige Atomgruppen, so erhält man das Aufbauprinzip der Silikone, zum Beispiel:

```
                  CH3    CH3    CH2—CH3
CH3\               |      |      |
CH3—Si—O—Si—O—Si—O—Si—O— ...
CH3/               |      |      |
                  CH3    CH3    CH2—CH3
```

Auch mehr oder weniger lange Seitenketten, Ringsystem und Vernetzungen sind möglich:

```
                                  |
         CH3     CH3      O       CH3     CH3
          |       |       |        |       |
...—O—Si—O—Si—O—Si—O—Si—O—Si— ...
          |       |       |        |       |
         CH3      |      CH3       |       |
                  O                O       O
         CH3      |      CH3       |       |
          |       |       |        |       |
...—O—Si—O—Si—O—Si—O—Si—O—Si— ...
          |       |       |        |       |
          O       O      CH3       O      CH3
          |       |                |
CH3—Si—O—Si—CH3       CH3—Si—O— ...
          |       |                |
          O       O                O
          |       |                |
```

Dieser Aufbau aus „organischen" und „anorganischen" Bestandteilen erklärt die besonderen Eigenschaften der Silikone. Durch die Si—O—Si-Ketten besitzen sie hohe Temperaturbeständigkeit, so daß Temperaturen von 200 bis 250° vertragen werden. Die C-haltigen Atomgruppen bilden gewissermaßen eine paraffinartige Umhüllung, bewirken damit wasserabweisende Eigenschaften und geben den Molekülen eine gewisse Beweglichkeit, so daß die Silikone im Gegensatz zu den starren keramischen Stoffen und Gläsern eine Plastizität und Verformbarkeit besitzen. Außerdem zeichnen sich die Silikone durch sehr gute dielektrische Eigenschaften aus. Man unterscheidet Öle, Harze und kautschukartige Stoffe.

16.1 Silikonöle

Die Silikonöle sind farblose Flüssigkeiten mit verschiedenen Zähigkeitsabstufungen und Siedepunkten, je nach ihrer Zusammensetzung. Auch die Schmiereigenschaften sind unterschiedlich. Manche Öle haben eine sehr geringe Abhängigkeit ihrer Zähigkeit von der Temperatur und einen ungewöhnlich niedrigen Stockpunkt, so daß sie in einem Temperaturbereich von —70° bis +250° Verwendung finden können. Ihr Flammpunkt liegt über 300°. Silikonöle sind wasserabweisend, bilden hervorragende Isolieröle und wären für schwer brennbare Transformatoren- und Schalteröle besonders geeignet, wenn nicht der hohe Preis einer allgemeinen Verwendung hinderlich sein würde. Der Verlustfaktor $\tan\delta$ kann in der Größenordnung 10^{-3} bis 10^{-4} liegen. Mit Hilfe bestimmter dampfförmiger Vorprodukte kann man auf einfache Weise Keramik- und Glasisolatoren völlig wasserabweisend machen. Die Öle dienen weiterhin zum Einreiben von Preßformen (als Trennmittel), da sie das Festhaften von Harzen verhindern. Diese Eigenschaft ist besonders bei der Verarbeitung von Epoxydharzen wichtig. Infolge ihrer kleinen Oberflächenspannung wirken schon kleinste Mengen als Entschäumungsmittel. Mit Hilfe geeigneter Verdickungsmittel, wie feinste Kieselsäure, Molybdändisulfid oder bestimmte Seifen, kann man Silikonfette herstellen, die bei sehr tiefen oder sehr hohen Temperaturen ihre salbenartige Konsistenz behalten (Schmiermittel, Isolierpasten).

16.2 Silikonharze

Lösungen von Silikonharzen in Toluol oder Xylol geben in der Elektrotechnik Isolationen, die dauernd 180° vertragen können und feuchtigkeitsunempfindlich sind. Da ein direkter Lackauftrag auf Kupferleiter nicht möglich ist und zur Aushärtung des klebrigen Lackfilms Temperaturen von 200 bis 350° notwendig sind, kommen als Umkleidung nur Glasseidenumspinnungen in Frage. Auf diese Weise erhält man Isolationen für Motoren mit

starken Belastungsschwankungen, bei denen hohe Erwärmung auftreten kann, oder für Motoren in dauernd feuchter oder dauernd heißer Umgebung. Glasgewebe-Silikonschichtpreßstoffe in Form von 1 bis 25 mm dicken Platten sind jetzt unter dem Namen Glasil herausgekommen (VEM Lokomotivbau — Elektrotechnische Werke Hans Beimler — Hennigsdorf bei Berlin). Bei Verwendung von Grobgewebe erhält man eine Biegefestigkeit von 1000 kp/cm², eine Schlagzähigkeit von 35 cmkp/cm² und eine Wärmeformbeständigkeit nach Martens von $\geqq 250°$. Die kritische Zersetzungstemperatur beträgt 250°, der dielektrische Verlustfaktor $\tan \delta$ $10 \cdot 10^{-3}$ und bei Feingeweben $8 \cdot 10^{-3}$ (geringe Temperatur- und Frequenzabhängigkeit). Glasil G So ist kriechstromfest. Diese Schichtpreßstoffe lassen sich in ähnlicher Weise wie Hartpapier und Hartgewebe mechanisch bearbeiten und durch Anwärmen auch über einer offenen Flamme in eine beliebige Form biegen.

Mit Silikonharz imprägnierte Glasseidenbänder mit dem Namen Glasilband werden in verschiedenen Aushärtungsgraden geliefert. Bei einem angehärteten Band wird der Lack zwischen 40 und 60° weich und klebrig, so daß man die Bänder verkleben und anschließend bei dieser Temperatur auch aushärten kann. Die nichtgehärteten Bänder sind bei Raumtemperatur noch klebrig und müssen nach der Verarbeitung während 1 bis 3 Stunden bei 200 bis 250° ausgehärtet werden. Die Dauerwärmebeständigkeit beträgt $\geqq 180°$.

Für die Herstellung von Preßmassen aus Silikonharzen kommen ebenfalls nur Füllstoffe in Frage, die die Härtetemperatur vertragen, zum Beispiel Glimmermehl oder Glasfasern. Auch für temperaturfeste Anstrichlacke sind die Harze geeignet. Bei Verwendung von Aluminiumpulver, Titandioxyd oder Zinkoxyd können die Anstriche Temperaturen bis zu 370° und höher vertragen.

16.3 Silikonkautschuk

Die sehr geringe Festigkeit des Silikonkautschuks kann durch Einarbeiten von Füllstoffen verbessert werden, und zwar für elektrische Isolierzwecke durch Quarzmehl, Titandioxyd und Zinkoxyd. Die Vulkanisation in Gegenwart bestimmter Peroxyde findet bei 125 bis 200° unter Druck statt. Der entstandene Silikongummi behält seine elastischen Eigenschaften zwischen —60° und +180° und verträgt kurzes Erhitzen bis zu 260°, ohne brüchig oder klebrig zu werden. Die Zerreißfestigkeit ist allerdings nur ungefähr 40 kp/cm². Auch die Abreibfestigkeit ist schlecht. Durch Einvulkanisieren von Glasgeweben lassen sich die Festigkeitswerte erhöhen. Die Dielektrizitätskonstante ist bei den verschiedenen Sorten ziemlich temperatur- und frequenzunabhängig und kann zwischen 3 und 10 liegen, der dielektrische Verlustfaktor $\tan \delta$ bei 20° zwischen 1,2 und $25 \cdot 10^{-3}$. Der Verlustfaktor ist bei 20° bis zu 10^7 Hz nahezu frequenzunabhängig, steigt aber mit der Temperatur. Wegen der geringen Festigkeitswerte und des hohen Preises kommt Silikongummi als Werkstoff nur für Temperaturgebiete in Frage, in denen Buna und Naturgummi nicht mehr verwendbar sind, das sind Temperaturen unterhalb —25° und oberhalb +150°. Silikongummi benutzt man für Dichtungsringe, Zwischenlagen, als Dielektrikum, zum Isolieren von Kabelausführungen aus Elektroöfen usw.

ROLAND KUMMER

Eine neuartige Befestigungsschelle für Koaxialkabel

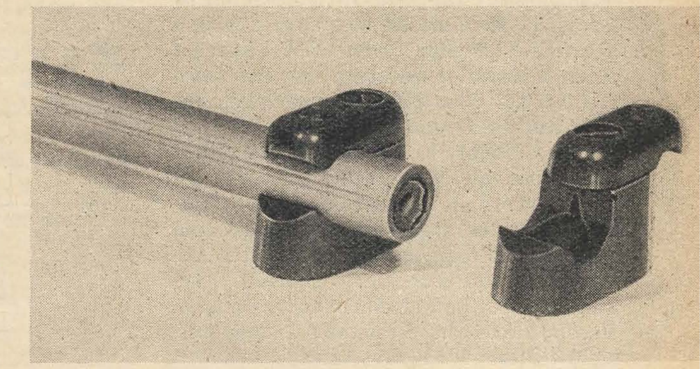


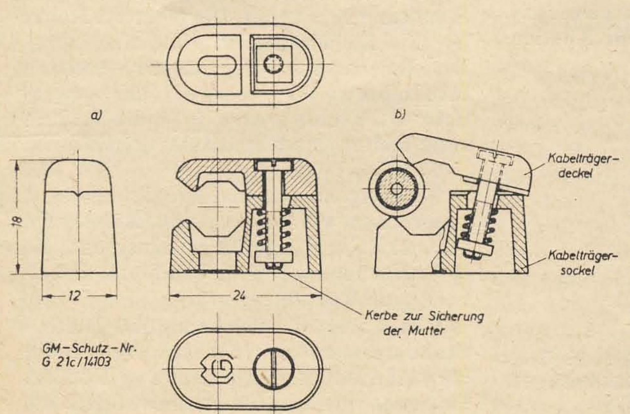
Bild 1: Ansicht des Kabelträgers im geöffneten Zustand und mit eingelegtem Koaxialkabel

Für die Antennenableitungen von Fernsehantennen werden zur Verminderung des Störeinflusses fast ausschließlich Koaxialkabel verwendet. Beim Verlegen dieses verhältnismäßig schweren und starren Kabels ergeben sich naturgemäß mehr Schwierigkeiten als beim Verlegen von UKW-Bandleitung. Deshalb muß auch das Befestigungsmaterial für derartige Leitungen den aufgezeigten Besonderheiten angepaßt sein und folgende Forderungen erfüllen:

1. Das Koaxialkabel muß fest und sicher gehalten werden.
2. Der Kabelträger muß leicht und einfach zu montieren sein, damit die Montage des Kabels an Wänden und anderen schwer zugänglichen Stellen ohne Schwierigkeiten ausgeführt werden kann und eine schnelle, saubere und dauerhafte Befestigung gewährleistet ist.
3. Der Kabelträger soll eine gefällige Form haben.
4. Er soll eine Einheit bilden, damit ein Verlieren von Teilen während der Montage ausgeschlossen ist.
5. muß der Kabelträger universell verwendbar sein.

In dem von der Firma Max Gebhardt, Triptis, und dem Verfasser entwickelten Kabelträger für Koaxialkabel und kabelähnliche Leitungen (GMa) sind diese Forderungen weitgehendst berücksichtigt worden. Er besteht im wesentlichen aus dem Kabelträgerdeckel und dem Kabelträgersockel (Bild 2). Diese beiden Teile werden durch eine Schraube mit Mutter unverlierbar zusammengehalten und durch Federdruck aufeinandergepreßt. Es ergibt sich damit eine federnde und bewegliche Verbindung zwischen den beiden Teilen des Kabelträgers, der somit eine bewegliche aber nicht zerlegbare Einheit bildet. Durch diese Anordnung ist erreicht worden, daß einmal die Teile des Kabelträgers beim Montieren nicht verloren werden können, und zum anderen wird durch den Federdruck der im Kabelträgersockel eingebetteten Feder das in die Klaue eingelegte Kabel genügend fest und sicher geklemmt. Durch Anziehen der Schraube kann der erforderliche Klemmdruck eingestellt werden, der im Maximalfalle (fest angezogene Schraube) eine starre Schraubverbindung zwischen dem Kabelträgerdeckel und -sockel ergibt.

Bild 2: Schnittzeichnungen des Kabelträgers



Der Kabelträger ist in Preßstoff hergestellt und durch Verstrebungen innerhalb des Preßteiles sehr stabil gehalten. Er genügt deshalb hohen Anforderungen hinsichtlich Festigkeit und Witterungsbeständigkeit, weshalb er auch ohne Bedenken bei der Außenmontage verwendet werden kann. Zu diesem Zweck wird er auf entsprechende Abstandsstücke montiert. Diese universelle Verwendbarkeit ermöglicht eine wirtschaftliche Lagerhaltung, da die Zahl der benötigten Antennenbauteile verringert wird. Formgebung und Größe des Kabelträgers sind gut aufeinander abgestimmt, so daß er trotz seiner Robustheit ein zierliches und gefälliges Äußeres hat. Er wird in den Farben Elektrobraun, Schokoladenbraun und Birke geliefert.

Die Montage des Kabelträgers sowie die des Kabels selbst ist einfach. Zu diesem Zweck wird der Deckel aus seiner Arretierung gehoben und um 180° gedreht. Dadurch wird das Befestigungslangloch zugänglich, und die Befestigung kann in üblicher Weise mit einer Holzschraube oder einem Nagel erfolgen. Danach dreht man den Deckel in seine ursprüngliche Lage zurück und drückt das Koaxialkabel in die Halteklaue (Bilder 1 und 2). Die Zentralbefestigung unterhalb der Mittelachse des Kabels verhindert ein Verdrehen des Kabelträgers beim Straffziehen der Leitung.

Als Anschlußleitungen für Fernsehempfänger stehen besonders folgende Kabeltypen vom VEB Kabelwerk Vacha zur Verfügung:

HF-Leitung 390.1, 300 Ω Wellenwiderstand, symmetrische Leiteranordnung;
HF-Leitung 2003.1, 72 Ω Wellenwiderstand, konzentrische Leiteranordnung;
HF-Leitung 2006.1, 75 Ω Wellenwiderstand, konzentrische Leiteranordnung.

KARL-HEINZ SCHUBERT

Das *Grid-Dip-Meter*, ein Universalmeßgerät für de

Überblick über die Grundlagen und Schaltungstechnik

Bisher standen dem Amateur für die durchzuführenden Frequenzmessungen an seiner Sende- und Empfangsstation nur der Absorptionsfrequenzmesser und der Interferenzfrequenzmesser zur Verfügung. Sollte nun die Resonanzfrequenz eines

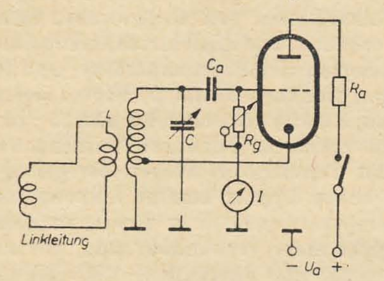


Bild 1: Prinzipschaltung eines Grid-Dip-Meters

Schwingkreises bestimmt werden, so war das nur möglich, wenn dieser Schwingkreis erregt war. Es war sonst keine Anzeige am Absorptionsfrequenzmesser festzustellen, und mit dem Interferenzfrequenzmesser war kein Interferenzton zu erzeugen. Man mußte also zum Abgleich der HF-Vorstufen eines KW-Superhet einen Meßsender benutzen und lief dabei Gefahr, auf Oberwellen abzugleichen anstatt auf die Grundwelle.

Diese Nachteile vermeidet eine unter dem Namen „Grid-Dip-Oszillator" bekanntgewordene Schaltung. Der Grid-Dip-Oszillator stellt einen umgekehrten Absorptionsfrequenzmesser dar. Der Absorptionsfrequenzmesser arbeitet bekanntlich so, daß er einem schwingenden Resonanzkreis bei Resonanz Energie entzieht. Diese wird zur Anzeige benutzt. Die Anzeige kann im Absorptionsfrequenzmesser durch eine kleine Glühlampe oder durch ein Instrument mit vorgeschaltetem Gleichrichter erfolgen. Der Schwingkreis des Absorptionsfrequenzmessers ist nicht erregt. Genau umgekehrt verhält sich der Grid-Dip-Oszillator, bei dem der Schwingkreis erregt wird. Der zu messende Schwingkreis kann erregt sein oder auch nicht. Ist er nicht erregt, so wirkt der zu messende Schwingkreis als Absorptionskreis und entzieht bei Resonanz dem Grid-Dip-Oszillator Energie. Ist der zu messende Schwingkreis erregt, so entzieht diesem der Grid-Dip-Oszillator einen Teil der Energie. Im ersten Fall wird die Energie im Schwingkreis des Grid-Dip-Oszillators kleiner, während sie im zweiten Fall größer wird.

Bei einem schwingenden Oszillator kann man mit Hilfe eines empfindlichen Strommessers am erdseitigen Ende des Gitterableitwiderstandes einen Gitterstrom feststellen. Dieser Gitterstrom ist in seiner Größe von der Größe der im Schwingkreis vorhandenen Energie abhängig. Das heißt, wird die vorhandene Energie kleiner, dann nimmt auch der Gitterstrom ab. Diese Änderung des Gitterstromes benutzt man nun zur Anzeige der Resonanzfrequenz bei dem Grid-Dip-Oszillator. Da bei guten Resonanzkreisen die Resonanzkurve sehr schmal ist, tritt nur ein sogenannter „Dip" auf. Der Zeiger des Anzeigeinstrumentes schlägt dabei plötzlich nach tieferen oder höheren Skalenwerten aus.

Das Bild 1 zeigt die Prinzipschaltung eines Grid-Dip-Meters. Als Oszillatorschaltung ist hier die Eco-Schaltung angewendet. Im Prinzip ist es gleichgültig, welche Art von Oszillatorschaltung benutzt wird. Vorteilhaft sind die Eco-Schaltung, die induktive Dreipunktschaltung (Hartley) und die kapazitive Dreipunktschaltung (Colpitt). Diese Schaltungen sind leicht zum Schwingen zu bringen, und die Spulen benötigen nur zwei bzw. drei Spulenenden. Die Dimensionierung des Schwingkreises richtet sich nach dem mit dem Grid-Dip-Meter zu erfassendem Frequenzbereich. Zur Berechnung benutzt man die Thomsonsche Schwingungsgleichung in der für den KW-Bereich geeigneten Form:

$$f = \frac{159,2}{\sqrt{L \cdot C}} \qquad L = \frac{25300}{f^2 \cdot C}$$

$$C = \frac{25300}{f^2 \cdot L}$$

(f in MHz, L in μH, C in pF)

Der Gitterableitwiderstand R_g ist regelbar, damit sich der Zeigerausschlag des Anzeigeinstrumentes I regeln läßt. Der Schwingkreis ist über den Kondensator C_a an das Gitter der Röhre angekoppelt. Die Katode liegt an einer Anzapfung der Schwingkreisspule L. Damit ist die für den Schwingungseinsatz erforderliche Rückkopplung vorhanden. Die Ankopplung des Grid-Dip-Meters an das Meßobjekt kann direkt mit der Schwingkreisspule L erfolgen, wenn man diese außerhalb des Grid-Dipper-Gehäuses anbringt. Man kann auch eine Linkleitung zur Ankopplung benutzen. In diesem Fall wird der gesamte Schwingkreis L, C im Gehäuse untergebracht. Der zur Anzeige des Gitterstromes verwendete Strommesser soll möglichst empfindlich sein (etwa 50 bis 100 μA). Da das Grid-Dip-Meter beim Messen meist in der Hand gehalten wird, hat man eine Handempfindlichkeit der Schaltung zu vermeiden. Man verwende daher einen Drehkondensator, dessen Rotor geerdet werden kann.

Man muß natürlich beachten, daß der Grid-Dipper zu einer genaueren Frequenzbestimmung nicht geeignet ist. Als ein handliches Gerät läßt er sich nicht sehr stabil bauen, außerdem läßt auch seine Frequenzkonstanz zu wünschen übrig. Es ist daher empfehlenswert, die Ankopplung an das Meßobjekt so lose durchzuführen, daß noch ein einwandfreies Erkennen des Zeigerausschlages gewährleistet ist.

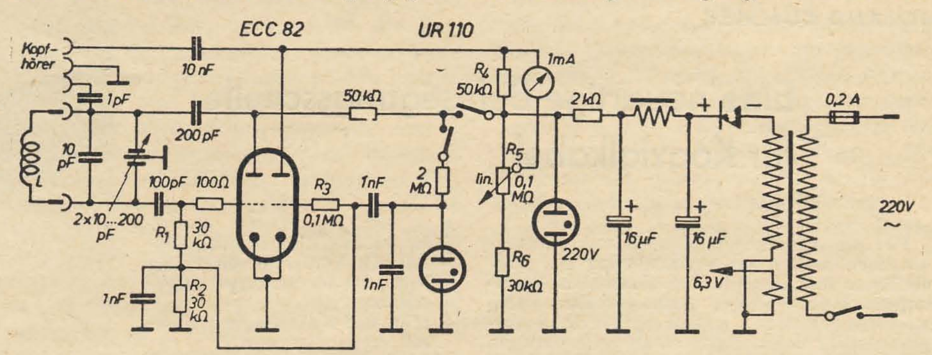


Bild 3: Grid-Dip-Meter (DARC-Standardschaltung Nr. 1)

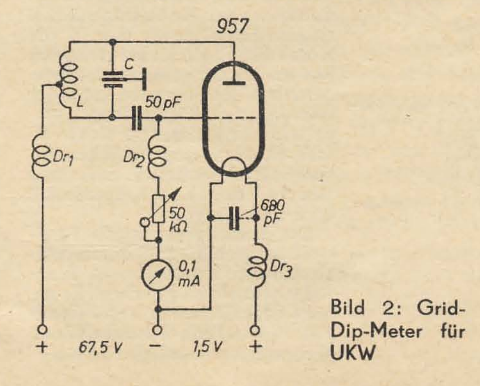


Bild 2: Grid-Dip-Meter für UKW

Das Bild 2 zeigt die Schaltung eines Grid-Dippers für den UKW-Bereich [1]. Als Oszillatorschaltung wird die Colpitts-Schaltung verwendet. Die benutzte Röhre ist eine Eichelröhre für Batterieheizung. Die HF-Drosseln Dr_1 bis Dr_3 besitzen eine Induktivität von $\approx 1\,\mu$H, der verwendete Drehkondensator in Split-Ausführung besitzt eine Kapazitätsvariation von ~ 11 pF.

Nachfolgend sollen einige Schaltungen besprochen werden, die von Amateuren entwickelt und erprobt wurden, und die die ursprüngliche Grid-Dip-Meter-Schaltung zum Teil verbessern.

Bild 3 zeigt die Schaltung des DARC-Standard-Gerätes Nr. 1 [2]. Verwendet wird eine Doppeltriode vom Typ ECC 82. Das erste System der Röhre arbeitet als

n Amateur

Colpitts-Oszillator. Das zweite System stellt ein Gleichspannungsröhrenvoltmeter dar. Dadurch wird die Anschaffung eines teuren Strommessers vermieden. Bei dieser Schaltung genügt ein Strommesser mit einem Endausschlag von 1 mA. Das Gleichspannungsröhrenvoltmeter stellt eine Brückenschaltung dar. Aus dem Bild 4 geht die Wirkungsweise dieser Schaltung hervor. Der Innenwiderstand R_i der Röhre bildet einen Brückenzweig. Durch Ändern der Gittervorspannung am Steuergitter ändert sich der Innenwiderstand der Röhre, und die Brücke kommt aus dem Gleichgewicht. Dadurch fließt durch das Instrument ein Strom, der sich als Zeigerausschlag bemerkbar macht. Das Brückengleichgewicht läßt sich mit Hilfe des Potentiometers R_5 einstellen. Die zur Steuerung notwendige Gleich-

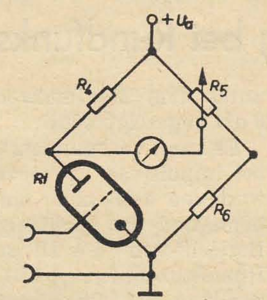


Bild 4: Röhrenvoltmeter für Gleichspannung in Brückenschaltung

spannung erzeugt der Gitterstrom an den beiden Gitterableitwiderständen R_1 und R_2. Da diese Widerstände gleiche Werte aufweisen, wird die an ihnen erzeugte Spannung im Verhältnis 2:1 aufgeteilt. Über den Widerstand R_3 wird die aufgeteilte Spannung dem Steuergitter des Gleichspannungsröhrenvoltmeters zugeführt. Die Hochfrequenz wird durch einen Kondensator nach Erde abgeleitet. Die Ankopplung anderer Schwingkreise erfolgt entweder induktiv über die außen aufsteckbare Spule des Grid-Dippers oder kapazitiv über eine Buchse, die über einen kleinen Kondensator von 1 pF direkt mit dem Oszillatorschwingkreis verbunden ist. Der Schwingkreis ist über die Kondensatoren von 100 pF an das Gitter und 200 pF an die Anode gleichstromfrei angeschlossen. Zum Vermeiden von UKW-Schwingungen liegt vor dem Steuergitter ein Widerstand von 100 Ω. Über einen Kondensator von 1 nF ist der Grid-Dip-Oszillator am Steuergitter modulierbar. Die Modulationsspannung liefert ein Glimmlampengenerator mit der Glimmröhre UR 110. Über einen Kopfhörerausgang ist entweder die NF-Spannung des Glimmlampengenerators entnehmbar, oder, wenn die Anodenspannung abgeschaltet ist, die Modulation eines eingestellten Senders. Es ergeben sich also für diese Schaltung folgende Betriebsarten:

1. Grid-Dip-Meter,
2. Absorptionsfrequenzmesser,
3. Prüfsender mit und ohne Modulation,
4. Kontroll-Mithörempfänger (Monitor),
5. NF-Tongenerator mit einer Festfrequenz.

Bei der in der Schaltung angegebenen Polung des Anzeigeinstrumentes erfolgt der Zeigerausschlag in der Betriebsart „Grid-Dipper" nach rechts, während er in der Betriebsart „Absorptionsfrequenzmesser" nach links erfolgt.

Bild 5 zeigt die Schaltung eines Grid-Dippers mit einem Magischen Auge als Oszillatorröhre und Resonanzanzeige [3]. Verwendet wurde eine Röhre EM 85. Als

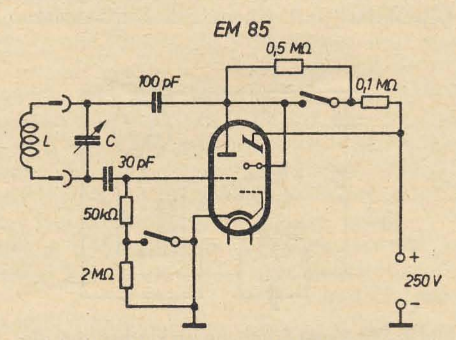


Bild 5: Grid-Dip-Meter mit Magischem Auge

Oszillatorröhre ist sie ohne Schwierigkeiten bis ≈ 250 MHz brauchbar. Bei Frequenzen unter 40 MHz verwendet man eine induktiv rückgekoppelte Oszillatorschaltung. Bei höheren Frequenzen kann man die Dreipunktschaltung benutzen. Bei geschlossenem Schalter arbeitet die Schaltung als Grid-Dipper. Im Schwingzustand ist der Schattenwinkel der EM 85 klein. Wird dem Oszillator durch einen zweiten Schwingkreis Energie entzogen, so vergrößert sich infolge des Rückganges des Gitterstromes der Schattenwinkel. Wenn der zweipolige Schalter geöffnet ist, schwingt der Oszillator nicht mehr durch die zu kleine Anodenspannung. Die Schaltung arbeitet dann als Absorptionsfrequenzmesser. Wird jetzt einem schwingenden Resonanzkreis Ener-

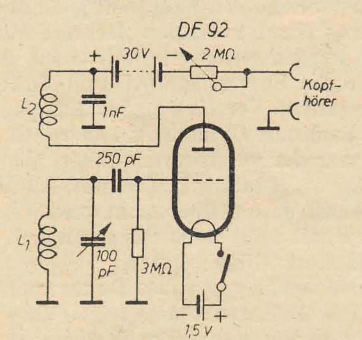


Bild 6: Grid-Dip-Meter mit akustischer Anzeige

gie entzogen, so wird durch die Gleichrichterwirkung des Steuergitters der Schattenwinkel kleiner.

Die Schaltung eines Grid-Dip-Meters mit akustischer Anzeige zeigt Bild 6 [4]. Das Gerät ist für Batteriebetrieb konstruiert. Die Schaltung stellt einen Pendelrückkopplungsempfänger dar. Wird dem schwingenden Pendelaudion Energie entzogen, zum Beispiel durch einen angekoppelten Schwingkreis, so macht sich das deutlich im Kopfhörer durch das Abreißen der Pendelfrequenz bemerkbar. Die Pendelfrequenz wird durch den großen Gitterableitwiderstand und eine sehr feste Rückkopplung erzeugt. Es entsteht eine sich selbst unterbrechende Selbsterregung, wie zum Beispiel bei dem Sperrschwinger.

Die Schaltung nach Bild 7 [5, 6] weist gegenüber dem einfachen Grid-Dip-Meter verschiedene Vorzüge auf. Der Zeiger des Anzeigeinstrumentes befindet sich in Nullstellung und schlägt bei Resonanz des eingebauten Oszillators mit dem zu messenden Schwingkreis scharf aus. Wenn die Anzeigeschaltung völlig symmetrisch aufgebaut ist, hat eine sich ändernde HF-Spannung am Gitter der Röhre ECC 81 keinen Einfluß auf den Zeigerausschlag des Instrumentes. Bei Symmetrie ist der Strom durch das Instrument gleich Null. Einen weiteren Vorteil bietet die Suchspule. Dadurch kann man Oszillator, Anzeigeschaltung

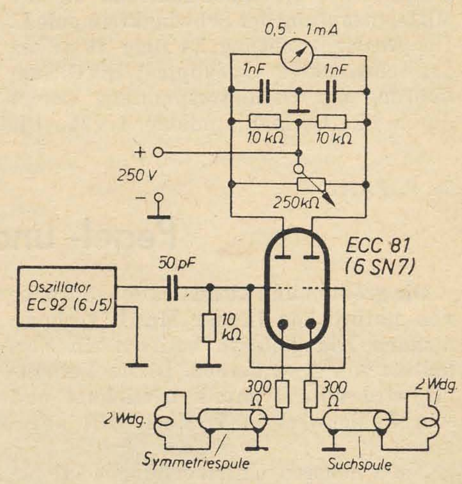


Bild 7: Verbesserte Grid-Dipper-Schaltung

und Netzteil in einem größeren Gehäuse unterbringen. Man benötigt nicht die leichte Handhabung wie beim Grid-Dipper. Dadurch kann der Oszillator stabiler aufgebaut werden, und man erzielt eine bessere Genauigkeit. Damit die notwendige Symmetrie gewahrt bleibt, erhält die Suchspule als Gegenstück eine Symmetriespule, die mit in dem Gehäuse untergebracht wird. Suchspule und Symmetriespule bestehen aus je zwei Windungen steifen, isolierten Drahtes mit einem Spulendurchmesser von etwa 25 mm. Die Spulen sind je über ein 30 bis 50 cm langes Stück Koaxialkabel an die beiden Katoden der Röhre angeschlossen. Wird nun der Suchspule durch einen Schwingkreis bei Resonanz Energie entzogen, so kommt die Schaltung aus dem Gleichgewicht, und durch das Instrument fließt ein Strom, der sich durch einen „Dip" des Zeigers bemerkbar macht. Die Oszillatorschaltung kann beliebig ausgeführt sein.

Durch die Anwendung von Transistoren ist es möglich, das Grid-Dip-Meter weiter zu verbessern. Die Verbesserungen beziehen sich vor allem auf eine günstigere Stromversorgung und kleinere Gehäuseabmessung. Da der Transistor aber kein Steuergitter im Sinne der Elektronenröhre besitzt, ist die Bezeichnung „Grid-Dip-Meter" nicht mehr zutreffend. Man kann dann nur noch von einem „Dip-Meter" sprechen.

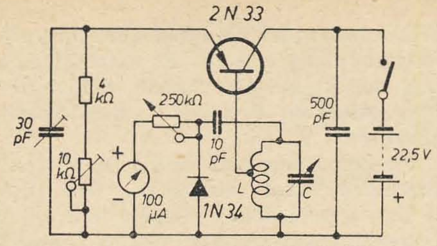


Bild 8: Dip-Meter-Schaltung mit Spitzentransistor

Bild 8 zeigt ein Dip-Meter der RCA [7, 8], welches mit einem Spitzentransistor Typ 2N33 bestückt ist. Die Anzeige erfolgt durch Messen der Schwingungsamplitude des Transistoroszillators. Damit bei Resonanz eine erkennbare Änderung des Zeigerausschlages auftritt, muß der Schwingkreis des Transistoroszillators eine hohe Güte besitzen. Aus diesem Grund liegt die Blockelektrode an der Mittelanzapfung der Schwingkreisspule L. Die Anzeigeschaltung ist über 10 pF an den Schwingkreis angekoppelt. Die Gleichrichtung der Oszillatorspannung erfolgt durch die Germaniumdiode 1N34. Die Empfindlichkeit des Instrumentes ist mittels eines Potentiometers regelbar. Der Trimmer dient zur Einstellung der besten Schwingfähigkeit. Mit dem Regelwiderstand der Emitterelektrode wird die größte Schwingleistung einjustiert. Beim Durchdrehen des Drehkondensators tritt dann bei Resonanz mit einem anderen Schwingkreis ein plötzlicher Abfall des Zeigerausschlages auf. Die Stromversorgung geschieht durch eine Kleinstbatterie von 22,5 V.

Das Bild 9 zeigt die Schaltung eines Dip-Meters mit einem Flächentransistor

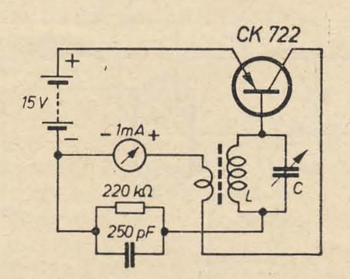


Bild 9: Dip-Meter-Schaltung mit Flächentransistor

[9, 10]. Verwendet wird der Typ CK 722 der Firma Raytheon. Die Erzeugung der Schwingungen erfolgt durch eine induktive Rückkopplung, in Emitterbasisschaltung geerdet. Die Stromversorgung erfolgt durch eine Kleinstbatterie, wie sie in Schwerhörigengeräten verwendet wird. Der Kollektorstrom beträgt nur 0,4 mA. Die Anzeige der Resonanz erfolgt durch den Rückgang des Kollektorstromes. Wenn dem Transistoroszillator Energie entzogen wird, so geht je nach Ankopplung an das Meßobjekt der Kollektorstrom um etwa 20 bis 30% zurück. Dieser Rückgang macht sich als „Dip" im Strommesser, der zwischen Batterie und Kollektor geschaltet ist, bemerkbar.

Literatur

[1] QST (1948) Heft 6.
[2] DL-QTC (1954) Heft 7.
[3] Funktechnik (1953) Heft 23.
[4] Funkschau (1955) Heft 6.
[5] Funktechnik (1952) Heft 18.
[6] Radio & Television News (1952) Heft 6.
[7] Funktechnik (1953) Heft 24.
[8] Radio & Television News (1953) Heft 10.
[9] Funktechnik (1955) Heft 18.
[10] Radio & Television News (1955) Heft 7.

Dr. F. PAHL

Pegel- und Aussteuerungsüberwachung bei Rundfunksendungen

Die größten und kleinsten Schalldrucke von natürlichen in der Musik vorkommenden Klangbildern besitzen ein Verhältnis von etwa 1:1500. Dieses Verhältnis wird mit Dynamik bezeichnet und sein Zahlenwert in Dezibel (dB) angegeben.

Nach neueren Untersuchungen [1] beträgt die Dynamik von

Tanzmusik	30 dB,
Unterhaltungsorchester	46 dB,
großem Orchester	63 dB,
Hörspiel	60 dB.

Würde diese Dynamik vom Rundfunkempfänger naturgetreu wiedergegeben, so wären Störungen in benachbarten Wohnungen die Folge. Wenn ein Rundfunkhörer die Lautstärke so einstellt, daß die leiseste Pianostelle gerade so laut ist wie das Störgeräusch in seiner Wohnung, so liegt bei einer Dynamik von 60 dB eine Fortestelle um 60 dB über dem Störgeräusch in der Wohnung. Die Schalldämmung zwischen Wohnungen beträgt aber nur etwa 40 dB. Das bedeutet, daß beim Nachbarn eine Fortestelle mit 20 dB über seinem Störgeräusch erscheint. Der Nachbar wird durch die zu große Dynamik belästigt. Die Übertragung einer Dynamik $>$40 dB muß also vermieden werden. Für Rundfunksendungen wurde die Dynamik deshalb mit 40 dB festgelegt, wobei wirtschaftliche und künstlerische Erwägungen ebenfalls mitsprechen. Ist vor dem Mikrofon die Dynamik $>$40 dB, so muß sie künstlich eingeengt werden; man sagt: „Die Sendung wird ausgesteuert".

Die Aussteuerung von Musiksendungen ist Aufgabe des Tonmeisters, der die Dynamik unter Wahrung des künstlerischen Eindrucks eines Musikwerkes mit einem Regler auf 40 dB einengt.

Wie beispielsweise ein Crescendo durch vorsorgliche Aussteuerung erhalten bleiben kann, soll Bild 1 erläutern [2]. Die Ordinate des Diagramms stelle die Anzeige des Tonmessers dar. Kurve a zeigt eine Originaldynamik mit 45 dB, wobei ihr Piano am Tonmesser mit —30 dB angezeigt wird. Ohne Regelung würde eine Übersteuerung eintreten. Kurve b gibt eine ungeschickte Regelung wieder, bei der das Forte abgeschnitten und die Dynamik auf 30 dB verringert wird. Eine sinnvolle Regelung zeigt Kurve c, bei der das Piano noch um 10 dB gesenkt wurde, um eine Fortestelle mit 40 dB Dynamik zu erhalten.

In der Sendestraße enthält jeder Mikrofonweg einen Vorregler. Mehrere Mikrofone werden gleichzeitig mit einem Summenregler SuR geregelt. Durch die Regelung wird die Verstärkung im Mikrofonweg und damit die Dynamik geändert. Zu dem Vorgang der Aussteuerung gehört noch ein Meßgerät, Tonmesser genannt, mit dem die Aussteuerung überwacht werden kann. Das Gerät mißt Spitzenspannungen. Um auch kurzzeitige Spitzen zu erfassen, werden solche von 10 ms Dauer noch mit —4 dB Skalenwert angezeigt. Vom Gerät wird ein Lichtzeigerinstrument betrieben, das eine dB-Skala enthält und eine Dynamik von etwa 50 dB zu messen gestattet. Der Nullpunkt befindet sich an der rechten Seite der Skala. Es schließt sich ein Bereich von +4 dB an, der rot ausgelegt ist und als Übersteuerungsbereich angesehen wird. Die lange Skala des Instrumentes ist in Stufen von fünf dB eingeteilt. Bei Modulation schwingt der Lichtzeiger zwischen den Werten —40 bis 0 dB hin und her, wobei der Rücklauf wesentlich länger als seine Ansprechzeit dauert. Durchläuft der Lichtzeiger zum Beispiel den Skalenwert —20 dB, so bedeutet dies, daß in diesem Augenblick die abgegebene Spannung um 20 dB unter dem Maximalwert liegt, der bei 0 dB angezeigt wird.

Es kann vorkommen, daß zum Beispiel bei impulsiven Sprechern der Maximalwert von 0 dB nicht eingehalten werden kann und der Lichtzeiger in den roten Bereich von +4 dB schwingt. In der Rundfunksprache heißt es dann: „Die Sendung ist übersteuert". Wenn der Sender nicht über geeignete Sicherheitseinrichtungen verfügt, kann er durch eine kräftige Übersteuerung außer Betrieb gesetzt werden.

Die Anzeige des Tonmessers zwischen seinen Grenzen 0 und —40 dB gibt klare Auskunft über das Verhältnis des augenblicklich herrschenden Pegels im Verhältnis zum Maximalpegel; er sagt aber nichts über den Absolutpegel am Meßpunkt aus. Wenn er also 0 dB anzeigt, so heißt das nicht, daß jetzt der 0-dB-Pegel = 0,775 V herrscht. Der wirklich abgegebene Pegel hängt von der Pegelung der Anlage ab.

Nachdem bisher die technische Seite der Aussteuerungsüberwachung behandelt worden ist, sollen nun die Pegelverhältnisse und ihre Überwachung geschildert werden.

Der Rundfunk ist in der glücklichen Lage, über ganz eindeutige Pegel zu verfügen. Dies schafft eine gewisse Systematik und klare Übersichtlichkeit im elektrischen Aufbau einer Studioanlage.

Für den Pegel gilt die Definition, daß 0,775 V als Pegel 0 dB gilt, entsprechend einer Leistung von 1 mW an 600 Ω. Der Rundfunk kennt die Pegel +6 und +12 dB. Wie der 6-dB-Pegel bei einer Betönung des Mikrofons zu erreichen ist, soll in einem Pegeldiagramm (Bild 2) erläutert werden.

Der grundsätzliche Aufbau einer Sendestraße, das heißt des Weges vom Mikrofon bis zum Beginn der Leitung zum Verstärkeramt, besteht aus einer Folge von

Verstärkern und regelbaren Dämpfungen, mit denen die Verstärkung innerhalb der Straße geändert werden kann. Hinter dem Mikrofon folgt ein Vorverstärker VV. An seinem Ausgang ist der Pegel bereits so groß, daß eine Regelung mit dem Vorregler VR einsetzen kann. Die Vorregler mehrerer Mikrofone sind zusammengeschaltet, wodurch ein Pegelverlust entsteht, der durch den nachfolgenden Zwischenverstärker ZV ausgeglichen wird.

Um mehrere Mikrofone gleichzeitig regeln zu können, ist ein Summenregler SuR vorgesehen. Als dritter Verstärker folgt der Hauptverstärker HV.

Und nun die Pegelverhältnisse bei einem solchen Aufbau.

Vielfach wird die Sendestraße so ausgelegt, daß bei einer Betönung mit etwa 1 bis 200 μb bei 1000 Hz ein Ausgangspegel von + 6 dB erreicht wird. Bei einer Mikrofonempfindlichkeit von etwa 0,3 mV/μb herrschen dann Pegel von etwa — 68 bis — 23 dB am Eingang des Vorverstärkers. Bei stärkster Betönung wird der Vorverstärker bis zu seiner zulässigen Grenze + 12 dB ausgesteuert, wobei etwa 45 dB vom Vorregler wirksam werden. Bei geringster Betönung sind 0 dB am Vorregler eingeschaltet. Um günstige Betriebsstellungen der Vorregler zu erreichen, wird vielfach der Vorverstärker bei stärkeren Betönungen (Musik) mit geringerer Verstärkung, bei schwächeren Betönungen (Wort) mit einer größeren Verstärkung eingestellt. Bild 2 zeigt bei gleicher Vorverstärkung die Grenzstellungen 0 und 45 dB des Vorreglers (Grunddämpfung = 16 dB).

Das Pegeldiagramm gibt auch Auskunft über den vorhandenen Störpegel. Am Ausgang des Vorverstärkers steht ein Fremdpegel von — 82 dB. Wird dieser zu einem Nutzpegel bei 2 μb in Beziehung gebracht, so herrscht am Ausgang des Vorverstärkers ein Fremdpegelstand von 55 dB, der bis zum Ausgang des Hauptverstärkers erhalten bleibt. Bei stärkerer Betönung steigt der Abstand, bis er bei 69 dB vom Zwischenverstärker bestimmt wird. Der Geräuschpegelabstand ist $>$ 75 dB, wobei der Messung eine Effektivwertanzeige und Bewertung nach CCIR-Filter 1934 zugrunde liegt.

Beim Einpegeln einer neuen Anlage wird an den Eingang des Vorverstärkers ein Tongenerator und an den Ausgang des Leitungsverstärkers ein Röhrenvoltmeter geschaltet. Nacheinander werden vom Tongenerator bei 1000 Hz die Pegel — 68 und — 23 dB abgegeben und nun sämtliche Verstärker und Dämpfungen auf die Werte des Pegeldiagramms eingestellt, wobei sich hinter dem Leitungsverstärker (LV) der Wert + 6 dB zuzüglich der Toleranz der Geräte ergeben muß.

Der Fremd- und Geräuschpegel wird hinter dem Hauptverstärker bei Abschluß des Einganges vom Vorverstärker mit 200 Ω gemessen. Die Einpegelung und Messung des Störpegelabstandes geben Auskunft über das dynamische Verhalten einer Anlage. Die Pegelung ist von größter Wichtigkeit, wenn eine umfangreiche Anlage richtig arbeiten soll. Ein Fehler in der Pegelung wirkt sich unangenehm in der technischen Qualität einer Darbietung aus. Erhöhte nichtlineare Verzerrungen, Änderung der Lautstärke und des Störpegelabstandes können die Folge sein.

Wir wollen uns noch einmal an zwei Begriffe erinnern, die bei der Behandlung der Aussteuerungsüberwachung gebraucht und nicht erklärt wurden. Es sind dies „Maximalpegel und Meßpunkt". Unter dem ersteren wird der + 6-dB-Pegel verstanden, der hinter dem Hauptverstärker auftritt. Hier ist auch der Meßpunkt, an dem der Tonmesser und der Abhörweg angeschaltet sind. Mit der Kenntnis des Maximalpegels von + 6 dB kann auch die Frage nach dem wirklich abgegebenen Pegel an die Leitung beantwortet werden. Der Anzeige am Tonmesser von 0 dB entspricht ein Pegel von + 6 dB. Bei — 20 dB am Tonmesser herrscht hinter dem Leitungsverstärker ein Pegel von — 14 dB = 155 mV. Die Kenntnis dieses Pegels ist für den laufenden Rundfunkbetrieb — der Aussteuerungsüberwachung — nicht so wichtig wie zum Beispiel die Verhältnisanzeige des Tonmessers. Hinter dem Meßpunkt findet die Verteilung der Modulation auf abgehende Leitungen statt, wobei ein Leitungsverstärker mit 0 dB Verstärkung, um Rückwirkungen zu vermeiden, zwischengeschaltet ist.

Bisher wurde nur der Mikrofonweg einer näheren Betrachtung unterzogen. Pegel- und meßmäßig werden noch eine ganze Reihe von Wegen erfaßt, auf die aber nicht näher eingegangen werden soll. Es soll vielmehr der Weg über den Leitungsverstärker zum Sender verfolgt werden.

Beim Pegeln gibt der Leitungsverstärker + 6 dB an die Ortssendeleitung ab. Im Verstärkeramt folgt unter Zwischenschaltung von Verlängerungsleitung und Entzerrer ein Leitungs- und Zusatzverstärker, an dessen Ausgang ein Pegel von + 12 dB herrscht. Ein Zusatzverstärker speist die Sendeleitung zum Sender, wo unter Zwischenschaltung einer Verlängerungsleitung und eines Entzerrers der Senderendverstärker folgt.

Dieser ganze Weg vom Funkhaus bis zum Sender muß nun täglich gepegelt werden. Das Funkhaus gibt + 6 dB bei 1000 Hz ab, wobei es nicht unbedingt erforderlich ist, den Pegelton über die ganze Sendestraße zu geben. Gewöhnlich wird er am Meßpunkt eingespeist. Dann pegelt das Verstärkeramt, und schließlich stellt der Sender mit dem Senderendverstärker seinen maximalen Modulationsgrad ein.

Der Rundfunkhörer kann täglich den vom Sender ausgestrahlten Pegelton hören. Nach beendeter Pegelung werden die Einstellungen nicht mehr geändert. Die Regelung erfolgt im Funkhaus nur am Vor- und Summenregler der Sendestraße, während bereits ausgesteuerte Darbietungen, beispielsweise Tonbandaufnahmen, nicht noch einmal geregelt werden. Hier bleibt der Vorregler auf einer konstanten Reglerstellung stehen. Diese Pegelüberwachung gewährleistet, daß der Sender in seinen vorgeschriebenen Grenzen richtig moduliert wird und der Rundfunkhörer die Sendungen stets in der gleichen Maximallautstärke empfangen kann.

Das Funkhaus verfügt über viele Sendestraßen; ihre Pegelüberwachung erfolgt täglich außerhalb der Pegelung des Senders.

Pegelüberwachung und Aussteuerungskontrolle gehören unmittelbar zusammen. In einer Anlage müssen zuerst alle Pegel stimmen, dann erst ist die Aussteuerung einer Darbietung sinnvoll.

Literatur

[1] F. Winckel: Klangstruktur der Musik, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, 1955.

[2] v. Braunmühl und Weber: Einführung in die angewandte Akustik. S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 1936.

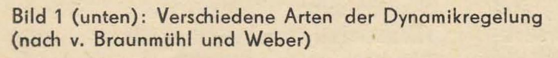
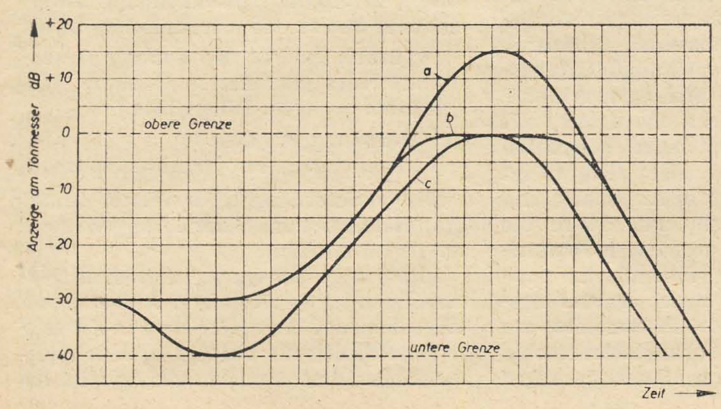
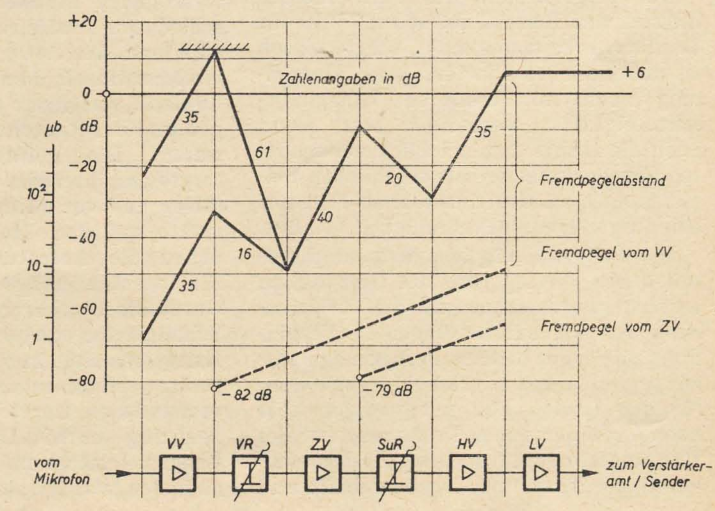

Bild 1 (unten): Verschiedene Arten der Dynamikregelung (nach v. Braunmühl und Weber)

Bild 2 (rechts): Pegeldiagramm eines Mikrofonweges





GERHARD HOHMUTH

Eigenschaften und Abmessungen von Schallplatten

Während in der Deutschen Demokratischen Republik die Schallplattenindustrie alle Anstrengungen macht, um den Liebhabern der Schallplatte die neue Kleinplatte für 45 U/min in ausreichender Anzahl zur Verfügung zu stellen, kommen aus den USA Nachrichten über die Einführung von Schallplatten mit $16^2/_3$ U/min, die jedoch zunächst für Sonderzwecke eingesetzt werden. Seit längerer Zeit schon befinden sich die Langspielplatten für $33^1/_3$ U/min, die sich gegenüber den bisherigen Normalplatten neben wesentlich erhöhter Spieldauer durch weitgehende Freiheit von Störgeräuschen auszeichnen, auf dem Markt der Deutschen Demokratischen Republik.

Die klassische Schallplatte, hier kurz Normalplatte genannt, ist für eine Drehzahl von 78 U/min ausgelegt. Für die Wahl dieser Drehzahl gibt es heute wohl keine ausreichend plausible Erklärung, ebenso wie für die neu gewählten 45 U/min. $33^1/_3$ U/min sind zweifellos von 100 abgeleitet ($^1/_3$) und $16^2/_3$ ist wiederum die Hälfte hiervon. Doch stoßen wir uns nicht an den Zahlen, diese Werte wurden gewählt und sind heute genormt.

Die Grenzen der Normalplatten auszuweiten, wurde sehr bald versucht, insbesondere wurde zunächst die begrenzte Laufzeit (max. vier Min. für 25-cm- und etwa fünf Min. für 30-cm-Platten je Seite) beanstandet. Der Weg der konstanten Aufzeichnungsgeschwindigkeit und somit der variablen Drehzahl wurde zwar versuchsweise beschritten und brachte auch beträchtliche Laufzeitgewinne, war aber mit sehr komplizierten Geräten für Aufnahme und Wiedergabe verbunden und konnte sich deshalb nicht durchsetzen.

Die schon sehr frühzeitig erkannte Möglichkeit des Laufzeitgewinnes durch die Steuerung des Rillenabstandes in Abhängigkeit von der jeweils aufgezeichneten Lautstärke schied wegen des zu großen Aufwandes bei der Aufnahme zunächst aus; erst in den letzten Jahren wurden geeignete Geräte konstruiert und in Betrieb genommen („Füllschrift").

Die Vergrößerung des Plattendurchmessers zum Beispiel auf 40 cm wurde für Sonderzwecke angewendet, führte jedoch zu unhandlichen Platten, deren Herstellung noch mit erhöhten Fertigungsschwierigkeiten verbunden war, wenn auch die früher ausschließlich verwendeten Schellackmassen mit erheblichen Beimengungen an Gesteinsmehl als Füllstoff eine ausgezeichnete Preßfähigkeit besaßen.

Der weiterhin mögliche Weg, die Laufzeit durch Verringerung der Drehzahl zu erhöhen, wurde ebenso wie die Verkleinerung der Rillenabmessungen in Verbindung mit enger beieinanderliegenden Rillen grundsätzlich abgelehnt. Neben einer für den letzten Fall notwendigen aber noch fehlenden neuen Preßmasse war der Hauptablehnungsgrund wohl der, daß damit die Normalplatte abgeschafft und die universelle und freizügige Verwendung der Schallplatten unmöglich geworden wäre, zumal die vorhandenen Abspielgeräte sehr große Kräfte zur Auslenkung der Tondose (mechanische Wiedergabe) benötigten, die nur mit den Normalplatten bei tragbarem Verschleiß derselben bewältigt werden konnten.

So waren alle Reformpläne, die insbesondere in den Jahren 1935 bis 1940 gemacht worden waren, zum Scheitern verurteilt, und man hatte sich im allgemeinen mit der Tatsache abgefunden, daß eine Schallplatte eben nur eine sehr begrenzte Laufzeit besitzt und die Wiedergabe mit einem kräftigen, durch die Füllstoffe der Preßmasse hervorgerufenen Rauschen untermalt ist.

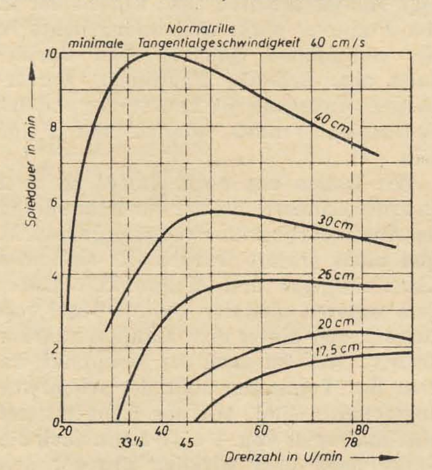


Bild 1: Die Kurven zeigen, daß eine beträchtliche Verlängerung der Spieldauer bei Schallplatten mit einer Drehzahl von 78 U/min nicht möglich ist (Parameter: Schallplattendurchmesser)

Nach 1945 (1940 bis 1943 war in Deutschland das Magnettonverfahren zu hoher Güte entwickelt worden) besannen sich die Schallplattenhersteller und machten insbesondere im Ausland alle Anstrengungen, um die Fehler der Normalplatten zu beseitigen. So wurden, ausgehend von den USA, 1948/49 die sogenannten Langspielplatten eingeführt, und zwar gleich in zwei grundsätzlich verschiedenen Ausführungen mit $33^1/_3$ und 45 U/min. Die ersten Vorführungen wirkten sensationell, da mit einem Schlage die Laufzeit verlängert sowie die Verzerrungen und das Rauschen verringert worden waren. Die gerätebauende Industrie sorgte nun ihrerseits dafür, daß leistungsfähige und vor allem preiswerte Abspielgeräte auf dem Markt erschienen, mit denen die Abtastung aller bekannten Plattenarten möglich ist. Begünstigt wurde die Einführung dieser Geräte und Schallplatten dadurch, daß durch die Kriegsereignisse in Europa viele Abspielgeräte verlorengegangen und die noch vorhandenen Geräte meist erneuerungsbedürftig waren. Der Prozentsatz der Langspielplatten am Schallplattenumsatz ist in den letzten Jahren ständig gestiegen und wird es auch weiterhin tun, zumal die mechanischen Wiedergabegeräte nur noch einen außerordentlich kleinen Prozentsatz ausmachen und die Einführung des UKW-Rundfunks mit der parallellaufenden Verbesserung der NF-Verstärker und Lautsprecher die Ausnutzung der ausgezeichneten Eigenschaften der Langspielplatte gestatten. Oftmals wird nun die Frage gestellt, ob denn die verschiedenen Varianten der Langspielplatte unbedingt notwendig seien, da ja gerade durch sie der Schallplatte die ihr früher eigentümliche Universalität genommen wurde. Im folgenden soll nun der Versuch unternommen werden, einmal die Grenzen und Bedingungen zu untersuchen, die bei der Wahl der Eigenschaften, Abmessungen und insbesondere der Drehzahl von Schallplatten eine Rolle spielen.

Wenn wir zunächst einmal die Eigenschaften einer Normalschallplatte (78 U/min) als wünschenswert ansetzen und verändern die Drehzahl n, um die Laufzeit T zu vergrößern, so können wir nach der Beziehung

$$T = \frac{z}{n}\left(\frac{d_a}{2} - \frac{30 \cdot w_{min}}{\pi \cdot n}\right) \qquad (1)$$

die Laufzeit, die zu jeder Drehzahl bei verschiedenen Außendurchmessern d_a gehört, bestimmen.

Bild 1 zeigt uns das Ergebnis unter der Voraussetzung, daß $z = 4$ Rillen/mm geschnitten worden sein sollen und eine minimale Tangentialgeschwindigkeit w_{min} von 40 cm/s entsprechend der Geschwindigkeit der inneren Rille einer Normalschallplatte (78 U/min) nicht unterschritten werden soll. Das Ergebnis ist verblüffend. Es zeigt sich nämlich, daß, wollen wir keine Verschlechterung der Eigenschaften zulassen, bei Beibehaltung der charakteristischen Daten von Rille und Platte die „klassische" Drehzahl 78 U/min bereits sehr nahe am Optimum liegt, eine beträchtliche Verlängerung der Spieldauer also nicht möglich ist.

Die wesentlichen elektroakustischen Eigenschaften einer Schallplatte

Laufzeit, Frequenzgang, nichtlineare Verzerrungen (Klirrfaktor), Störgeräusch und Geschwindigkeitsamplitude (Aussteuerungspegel)

stehen in engem Zusammenhang untereinander und zu den mechanischen Daten

Drehzahl, innerer und äußerer Durchmesser des modulierten Gebietes, Rillenabmessungen, Rillenabstand

in Verbindung mit dem

Verrundungsradius der Abtastspitze.

Die Veränderung eines Wertes bringt grundsätzlich auch Veränderungen anderer Daten mit sich.

Bild 2 zeigt den Querschnitt einer Normalrille mit eingezeichneter Abtastspitze. Wir sehen, daß die Spitze etwa in der Mitte der Rillenflanke aufliegt und der Verrundungsradius der Rille geringer ist als

der der Abtastspitze. Die angegebenen Daten haben sich in jahrelanger Praxis als Optimum herausgestellt und sind weitgehend genormt. Es ist ohne weiteres verständlich, daß sofort eine Spieldauervergrößerung zu erzielen ist, wenn wir die Abmessungen von Rille und Abtastspitze verkleinern, da ja dann auf der gleichen Fläche mehr Rillen untergebracht werden können.

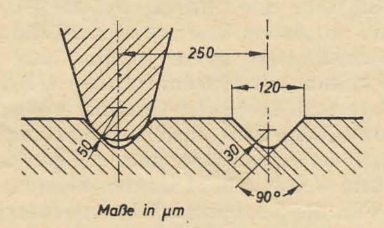


Bild 2: Profil der Normalrille

Bild 3 zeigt Rille und Abtastspitze eines verkleinerten Profiles. Mit diesen Rillendaten ist die Spieldauer als Funktion der Plattentellerdrehzahl in den Bildern 4, 5 und 6 bei verschiedenen minimalen Tangentialgeschwindigkeiten ausgerechnet worden als Ergänzung zu Bild 1. Diese Kurven zeigen, daß es jetzt durchaus sinnvoll wäre, ebenfalls die Drehzahl zu verringern, da das Optimum der Laufzeit nicht mehr bei etwa 80 U/min liegt, sondern bei erheblich niedrigeren Drehzahlen.

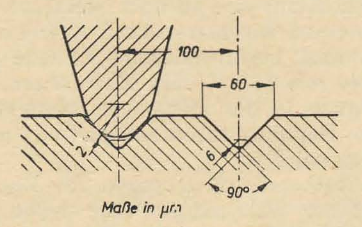


Bild 3: Profil der Mikrorille

Der Zusammenhang zwischen abtastbarer oberer Grenzfrequenz f_0 und der Tangentialgeschwindigkeit w ist gegeben durch

$$f_0 = \frac{w^2}{2 \cdot \pi \cdot \hat{v} \cdot \varrho}, \quad (2)$$

wobei $\hat{v}$ die Geschwindigkeitsamplitude der Aufzeichnung und ϱ der Verrundungsradius der Abtastspitze ist. Wollen wir also die gleiche Grenzfrequenz wie die Normalplatte bei niedrigerer Tangentialgeschwindigkeit erreichen, so müssen wir den Verrundungsradius der Abtastspitze oder den Pegel der Aufzeichnung oder aber beides reduzieren. Zu einer oberen Grenzfrequenz von etwa 3,2 kHz, die sich für 78 U/min und v = 16 cm/s bei 50 µm Verrundungsradius der Abtastspitze und einer minimalen Tangentialgeschwindigkeit von 40 cm/s ergibt, gehört bei einer minimalen Tangentialgeschwindigkeit von 25 cm/s eine maximale Geschwindigkeitsamplitude von 12 cm/s bei einem Verrundungsradius der Abtastspitze von 25 µm. Zwischen der Tangentialgeschwindigkeit, dem Verrundungsradius der Abtastspitze und der Geschwindigkeitsamplitude besteht ein weiterer Zusammenhang, und zwar sind die nichtlinearen Verzerrungen k, die sich infolge der Abtastung der Rille mit der Abtastspitze ergeben, annähernd bestimmt durch

$$\frac{\hat{v}^2 \cdot \varrho^2}{w^4}. \quad (3)$$

Bild 7 zeigt den charakteristischen Verlauf der Verzerrungen als Funktion der Tangentialgeschwindigkeit unter der Voraussetzung, daß der Verrundungsradius und die Geschwindigkeitsamplitude konstant bleiben, unter Verhältnissen also, wie sie als normal anzusprechen sind.

Das Entscheidende in diesem Zusammenhang ist, daß die nichtlinearen Verzerrungen von der 4. Potenz der Tangentialgeschwindigkeit abhängen. Wir werden also auch hiernach, um k konstant zu halten, bei Verringerung von w, ϱ und $\hat{v}$ verkleinern müssen. Die beiden Beziehungen (2) und (3) liefern also trotz der verschiedenen Ausgangspunkte ähnliche Ergebnisse.

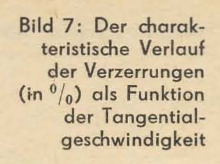
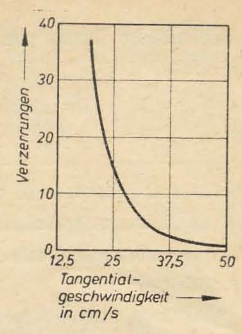
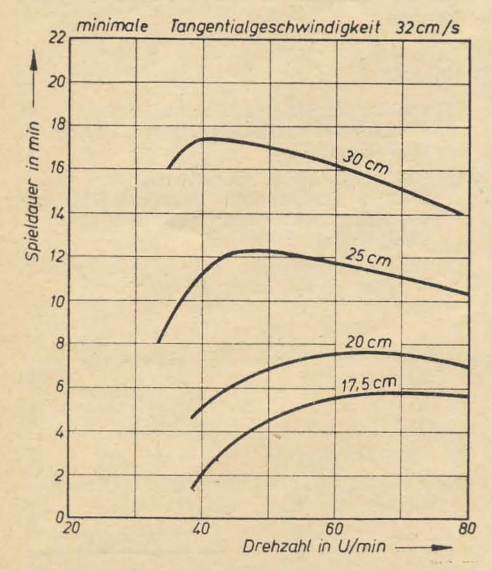


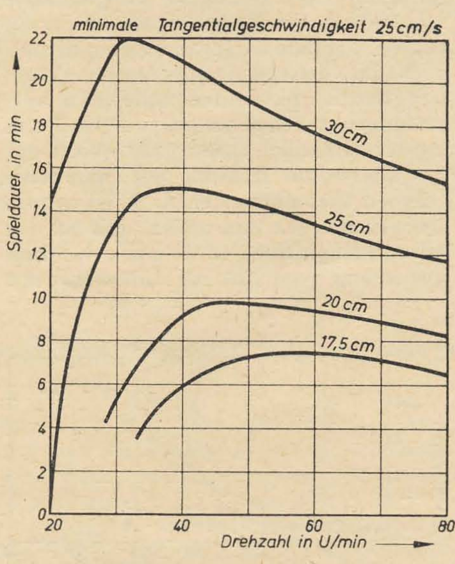
Bild 7: Der charakteristische Verlauf der Verzerrungen (in %) als Funktion der Tangentialgeschwindigkeit

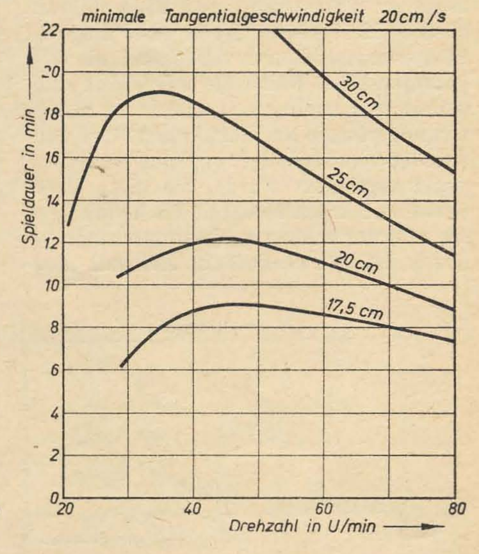


Mit den bisherigen Erkenntnissen können wir bereits erhebliche Aussagen machen. Die Spieldauerverlängerung ist durch Verkleinern des Rillenprofiles und des Verrundungsradius der Abtastspitze möglich, wobei zur Erhaltung des Frequenzganges und der Niedrighaltung der nichtlinearen Verzerrungen auch ein Verringern der Aussteuerung notwendig wird. Wir wissen, daß die niedrigste Tangentialgeschwindigkeit bei Normalplatten 78 U/min etwa 40 cm/s beträgt. Aus der Erfahrung ist bekannt, daß bei dieser Geschwindigkeit beim Auftreten großer Aussteuerungen bereits erhebliche Verzerrungen hörbar werden. Da solche Mängel bei den Langspielplatten von vornherein ausgeschaltet werden sollen, ist es zweckmäßig, die niedrigste Tangentialgeschwindigkeit höher anzusetzen, als dies nach der Verkleinerung der mechanischen Daten notwendig wäre. Aus Bild 7 geht hervor, daß der steile Anstieg der Verzerrungen bei etwa 30 cm/s beginnt. Es wäre also zu fordern, daß dieser Wert keinesfalls zu unterschreiten ist oder aber der Pegel weiter (unter $\hat{v}$ = 12 cm/s) zu senken wäre. Betrachten wir nun nochmals Bild 4, so ist zu erkennen, daß die optimale Drehzahl im Hinblick auf eine möglichst große Spieldauer bei etwa 50 U/min für Platten von 17,5 bis 30 cm ∅ liegt und sich mit fallender Tangentialgeschwindigkeit (Bilder 5 und 6) nach niedrigeren Drehzahlen verschiebt.

Die Bilder 8, 9 und 10 zeigen die Verzerrungen, die in der inneren Rille auftreten können, als Funktion der Spielzeit bei







Bilder 4, 5 und 6: Im Gegensatz zu Bild 1 beziehen sich die Kurven in den Bildern 4, 5 und 6 bei verschiedenen minimalen Tangentialgeschwindigkeiten auf Mikrorillen. Sie lassen erkennen, daß das Optimum der Laufzeit wesentlich unter 78 U/min liegt, eine Verringerung der Drehzahl also zweckmäßig ist (Parameter: Schallplattendurchmesser)

Technische Daten von Normal-, Klein- und Langspielplatten

Plattenart	78 U/min	45 U/min	$33^1/_3$ U/min
	Normalrille	Mikrorille	
Außendurchmesser in mm	300 250	175	300 250
Durchmesser der ersten modulierten Rille in mm	< 290 < 240	< 168	< 290 < 240
Durchmesser der letzten moduliertenRille in mm	> 91	> 103	> 115
Rillen pro mm	4	8 bis 12	8 bis 12
Maximale Tangentialgeschwindigkeit in cm/s	< 118 < 98	< 39,5	< 50,5 < 42
Minimale Tangentialgeschwindigkeit in cm/s	> 37	> 24,5	> 20
Verhältnis max./min. Tangentialgeschwindigkeit	3,2 2,6	1,6	2,5 2,1
Maximale Spielzeit in min	5 4	7	18 27
Vollaussteuerungspegel in cm /s	16	12	10
Verrundungsradius-Abtastspitze in μm	50 bis 60	25	25
Theoretische Grenzfrequenz außen in kHz	< 27,5 < 7,2	< 8,1	< 16 < 11
Theoretische Grenzfrequenz innen in kHz	> 2,7	> 3,2	> 2,5

verschiedenen Plattendurchmessern. Das Rillenprofil entspricht auch hier den Bildern 2 und 3, und die maximale Aussteuerung ist zu etwa 16 bzw. 12 cm/s angesetzt. Es ist die große Überlegenheit der Mikrorillenplatten gegenüber der Normalplatte zu erkennen. Weiterhin zeigt sich, daß bei den 30-cm-Platten und großer Ausnutzung der möglichen Spieldauer eine leichte Überlegenheit von $33^1/_3$ U/min gegenüber 45 U/min vorhanden ist, während bei 25 cm bereits eine leichte und bei 17,5 cm eine eindeutige Überlegenheit der 45-U/min-Platte sichtbar ist.

In diesem Zusammenhang wird die Frage auftauchen, weshalb hier ein so kleiner Plattendurchmesser von 17,5 cm mit einer Laufzeit von 5 bis 6 Min. mit in die Betrachtungen einbezogen wird. Dazu einige Worte.

Die Mikrorillentechnik verlangt auf Grund der Feinheit der Rillen besondere Abtaster, die mit wesentlich geringeren Kräften auszulenken sein müssen als die Normalrillenabtaster, damit der spezifische Druck an den durch die Mikrorillentechnik verkleinerten Berührungsflächen (auf Grund der Elastizität des Plattenmaterials entsteht aus der theoretischen Punktberührung eine Flächenberührung) zwischen Abtastspitze und Rille nicht zu groß wird. Dadurch ist es aber möglich, Plattenmaterialien zu verwenden, die vollkommen ohne Füllstoffe aufgebaut sind, womit gleichzeitig das bisher so lästige Grundgeräusch der Schallplatte fast vollständig verschwindet, obgleich der Nutzpegel verringert wurde. Da diese Preßmassen aber den Nachteil des hohen Preises und der schweren Verpreßbarkeit besitzen, ist es zweckmäßig, sich mit möglichst kleinen Plattendurchmessern zu begnügen, zumal dieser kleine Durchmesser auch die dünnere Auspressung der Platten gestattet (Normalplatten etwa 2 mm, 17,5-cm-Platten außen 0,8 mm dick). Hierzu kommt noch, daß stückzahlmäßig Tanz- und Unterhaltungsplatten den größten Umsatz zu verzeichnen haben und dieser große Kreis von Musikfreunden natürlich auch in den Genuß der verbesserten Wiedergabe kommen möchte, die Kopplung von etwa zehn Titeln jedoch große Schwierigkeiten bereiten würde, ganz abgesehen von dem hohen Preis einer solchen Platte. So wurden die Schallplatten mit 45 U/min und 17,5 cm ∅ eingeführt, eine Plattenart, die außerordentlich elegant ist und vom Technischen her gesehen wohl die vollkommenste der heute bekannten Arten darstellt.

Betrachten wir die üblichen Daten von Schallplatten, wie sie in Deutschland zur Normung vorgesehen bzw. üblich sind (s. Tabelle). Die Daten der Platten für 78 und 45 U/min stimmen also weitgehend mit den besprochenen Werten überein. Bei den Schallplatten für $33^1/_3$ U/min hat sich der etwas geringere Aussteuerungspegel von 10 cm/s eingebürgert, damit ist natürlich eine niedrigere Tangentialgeschwindigkeit zulässig, womit wiederum ein gewisser Laufzeitgewinn verbunden ist.

Die im vorstehenden erwähnten oberen Grenzfrequenzen und nichtlinearen Verzerrungen stellen in der behandelten Form selbstverständlich theoretische Werte dar und sollten zur Deutung des charakteristischen Verhaltens dienen. So ist es zum Beispiel möglich und üblich, daß bei den Mikrorillenplatten 45 U/min ein Frequenzgang von 50 bis 15000 Hz mit — 5 dB bei sehr niedrigen nichtlinearen Verzerrungen eingehalten wird. Dies ist deshalb möglich, weil im natürlichen Spektrum der Musik Vollaussteuerungswerte oberhalb 3 kHz kaum vorkommen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die für die drei genormten Plattentellerdrehzahlen üblichen Daten und Abmessungen durchaus dem unter den jeweiligen Bedingungen erreichbaren Optimum sehr nahe liegen. Bei $33^1/_3$ U/min sind mit 30-cm-Platten etwa 27 Min., bei 25-cm-Platten etwa 18 Min. und bei 45 U/min und 17,5 cm ∅ etwa 5 Min. je Plattenseite bei guter Qualität erreichbar, wobei diese Werte beim Einsatz von Rillensteuerungsgeräten und bei geeigneter Musik weiter erhöht werden können.

Für die technische Weiterentwicklung zeichnet sich der Weg so ab, daß die Normalplatte 78 U/min in absehbarer Zeit wahrscheinlich aussterben und das Schwergewicht sich auf Kleinplatten mit 45 U/min verlagern wird, wobei es durchaus möglich erscheint, daß sich für 45 U/min noch eine Platte mit etwa 25 cm ∅ einführen kann, die dann (bei noch besserer Qualität als bei den Platten mit $33^1/_3$ U/min) Laufzeiten bis zu etwa 12 bis 15 Min. je Seite zulassen würde. Für viele Sonderzwecke, zum Beispiel zur Aufnahme von Lehrbriefen, Reden usw., bei denen es auf eine so hohe elektroakustische Güte, wie hier vorausgesetzt, nicht ankommt, beginnt sich im Ausland eine Platte mit $16^2/_3$ U/min einzuführen, für die auch in der Deutschen Demokratischen Republik Einsatzmöglichkeiten bestehen würden.

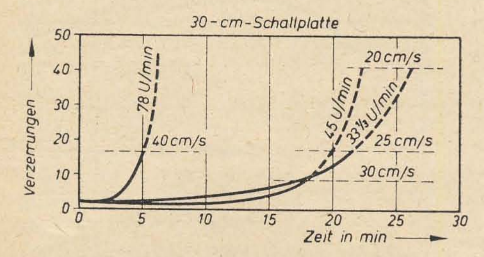
Selbstverständlich waren zur Einführung der Mikrorillentechnik nicht nur neue Plattenmaße und Abspielgeräte notwendig, sondern der gesamte Weg der Herstellung einer Schallplatte, angefangen von der Aufnahme bis zum Wiedergabegerät, mußte an die erhöhten Anforderungen angepaßt werden, wobei sich die notwendigen Aufwendungen unbedingt gelohnt haben dürften, denn die Schallplatte in Mikrorillentechnik ermöglicht uns heute bei UKW-Qualität Laufzeiten, die alle Anforderungen erfüllen können.

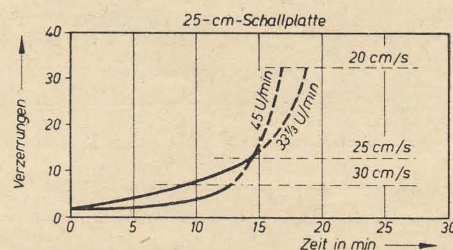
Literatur

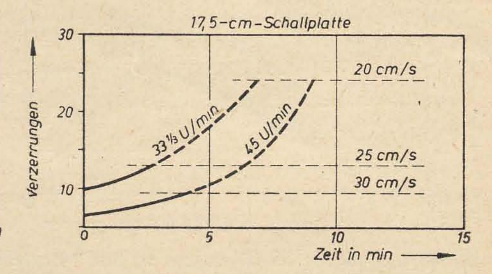
[1] von Braunmühl und Weber: „Einführung in die angewandte Akustik", S. Hirzel, Leipzig, 1936, Kapitel V.

[2] Guttwein: „Über die linearen und nichtlinearen Verzerrungen beim Schallplattenverfahren", Akustische Zeitschrift, Jahrg. 5, 1940, Heft 6.

[3] Dutton: „Gramophone Turntable Speeds", Wireless World, Juni 1951.







Bilder 8, 9 und 10: Für verschiedene Plattendurchmesser wurden die Verzerrungen (in %), die in der inneren Rille auftreten können, als Funktion der Spielzeit aufgetragen

KARLHEINZ KÖHLER

Fortsetzung aus den Heften 11, 12, 13 (1956) und Schluß

BAUANLEITUNG

Einfacher Fernsehempfänger für Einkanalempfang

4. TEIL

Horizontale Ablenkung

Als Zeilenkippgenerator wird die $Rö_{15}$ verwendet. Sie arbeitet als katodengekoppelter Multivibrator. Um eine bessere Stabilität zu erreichen, wurde ein Schwungradkreis vorgesehen. Die Frequenz ist in geringen Grenzen durch P_8 regelbar. Dem Gitter der Zeilenendstufe wird ein Sägezahn nach Bild 1f[1]) zugeführt, dessen Form von dem RC-Glied R_{70}, C_{62} bestimmt wird. An der Anode der $Rö_{16}$ liegt der Zeilentransformator.

Die Arbeitsweise der Zeilenendstufe mit Boosterdiode und Hochspannungsgewinnung aus dem Zeilenrückschlag ist etwa folgende — wobei vorausgesetzt wird, daß die Zeilenendröhre bereits arbeitet und der Kondensator C_{67} entsprechend aufgeladen ist:

Durch die Ansteuerung der Zeilenendstufe mit einem Sägezahn steigt der Strom I_L entsprechend der Zeitkonstante L/R. Bei diesem Vorlauf erhält die Endröhre ihre Spannung vom Kondensator C_{67}, der sich dabei teilweise entlädt. Die gesamte Energie des Schwingungsgebildes ist jetzt im Magnetfeld der Spulen L_1 und L_2 gebunden (vgl. Bild 18).

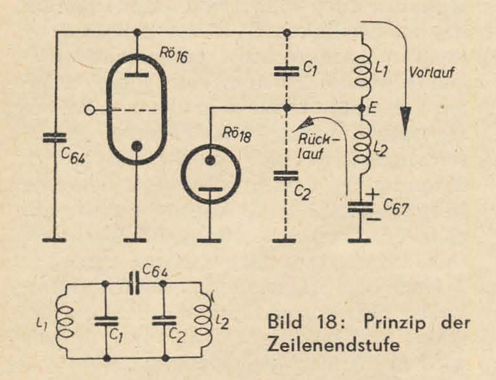


Bild 18: Prinzip der Zeilenendstufe

Durch den plötzlichen negativen Spannungsimpuls, der nach Bild 19 im Punkt A einsetzt, sperrt die Endröhre. Der Rücklauf setzt ein. Die Energie der Kreise L_1, C_1 und L_2, C_2 schwingt um, dabei bilden L_1, C_1 und L_2, C_2 ein Bandfilter, das über C_{64} gekoppelt ist. Über diesen Kondensator findet der Energietransport in den Kreis L_2, C_2 statt. Durch den Rücklauf baut sich am Punkt E im Bild 18 eine große Teilspannung auf. Jetzt ist alle Energie in die Kondensatoren geflossen, und I_L ist gleich Null (Punkt B im Bild 19). In der nächsten Viertelperiode fließt die Energie wieder in die Induktivitäten. Der Strom in der Spule ändert dabei seine Richtung und wird negativ. Im Punkt C des Bildes 19 hat I_L den negativen Höchstwert erreicht, und U_c ist wieder Null.

In dem nun folgenden Umschwingvorgang ist U_c bestrebt, negativ zu werden. Der Vorlauf setzt ein. Jetzt zieht die Boosterdiode Strom und bedämpft damit den Kreis L_2, C_2 in seinen aperiodischen Schwingungen, so daß der Strom langsam zu Null wird. Während dieses Vorlaufes lädt sich C_{67} wieder auf. Im Nulldurchgang sperrt die Boosterdiode $Rö_{18}$ wieder, und die Ansteuerung der Endröhre setzt wieder ein, so daß der weitere Vorlauf entsprechend dem oben geschilderten Vorgang einsetzt (Bild 19, Punkt D).

Der Kondensator C_{67} wirkt als Speicherkondensator, so daß sich hier eine verhältnismäßig hohe Gleichspannung einstellt. Die durch die Aufladung des Kondensators entstehende Spannung ist mit der Speisespannung in Reihe geschaltet. Hier ist eine Gleichspannung von etwa 420 V meßbar.

Die Hochspannung wird durch den hohen Spannungsimpuls, der beim Rücklauf an der Anode der $Rö_{17}$ steht, gewon-

[1]) Siehe RADIO UND FERNSEHEN Nr. 11 (1956) Seite 333.

Abdeckplatte
0,5-mm-Eisenblech, verzinkt

Befestigungsplatte für L_{23}
2-mm-Pertinax

Grundriß für Abschirmhaube

Abwicklung für Abschirmhaube
0,5-mm-Eisenblech, verzinkt

Bild 17: Einzelteilskizzen

nen. $Rö_{17}$ arbeitet als Gleichrichterröhre und wird aus dem Zeilentrafo geheizt.

Durch die Kreisverluste ist die „negative“ Halbwelle des Sägezahnstromes immer kleiner als die positive. Das Bild verschiebt sich dadurch etwas nach links. Diese Verschiebung kann durch die Ablenkeinheit in geringem Maße korrigiert werden.

Da die Katode der $Rö_{18}$ auf hohem Potential liegt, wird diese Röhre über einen Zwischentransformator geheizt. Bei der Selbstherstellung dieses Transformators ist äußerste Sorgfalt am Platze, da dieser hochisoliert und impulsfest sein muß!

Mechanischer Aufbau

Beim Zeilenkippgenerator sind noch einige mechanische Arbeiten durchzuführen. Nach den Einzelteilskizzen in den Bildern 17 und 20 und den Wickeldaten Tabelle VI werden der Schwungradkreis, der Zeilentransformator sowie die Abschirmhaube, Abdeckblech usw. hergestellt. Der Deckel für die Abschirmhaube wird entsprechend der Grundrißskizze passend gearbeitet. Da der Zeilenkipp beträchtliche Wärme abstrahlt, ist es erforderlich, den Deckel der Abschirmhaube mit zahlreichen Löchern zu versehen. Die Anordnung der Bohrungen von 5 bis 6 mm ∅ ist im Bild 13 (Heft 13) zu erkennen.

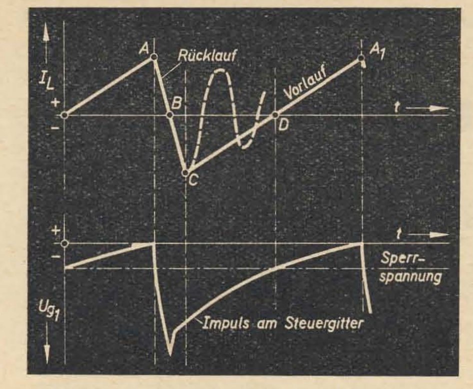


Bild 19: Arbeitsdiagramm der Zeilenendstufe

Bohren die Kupferwicklung nicht zu beschädigen. In die äußere Halbschale der Abschirmung wird nun an zwei gegenüberliegenden Punkten M-3-Gewinde eingeschnitten. Hier wird nach dem Zusammenbau der Befestigungswinkel für die Fokussierspule angeschraubt (s. Bild 6). Nach dem Gewindebohren kann die Fokussierspule wieder zusammengebaut werden. Der Winkel wird nun noch auf dem Chassis angeschraubt. Die Längsachse der Fokussierspule kann damit sowohl horizontal als auch vertikal geschwenkt werden.

Der genaue Aufbau des gesamten Horizontalkippteiles ist aus den Bildern 15 und 21 zu ersehen.

Heizung 1 Z 1 — D — C — B — A — EL 12 spez — 5 Z 4

Tabelle VI Wickeldaten Zeilenkipp

Schwungradkreisinduktivität: L_{23} = 14 mH 1020 Wdg. 0,11 ∅ CuLS auf Wickelkörper 10 mm ∅		
Zeilentrafo: auf Bandfilterkörper 10 mm ∅		
Wicklung A:	1100 Wdg. 0,2 ∅ CuSS	Wicklungen A bis C Kreuzwickelspulen 6 mm breit
Wicklung B:	1100 Wdg. 0,2 ∅ CuSS	
Wicklung C:	2200 Wdg. 0,11 ∅ CuSS	
Wicklung D:	18 Wdg. 0,5 ∅ CuL	1 Schlag
Heiztrafo Tr. 4 für $Rö_{18}$ Ktr. 2 bzw. M 55/20		
Kammer 1:	primär 6,3 V	95 Wdg. 0,8 ∅ CuL
Kammer 2:	sekundär 5 V	102 Wdg. 0,75 ∅ CuL

Die Spulen des Zeilentransformators werden, wie im Bild 20 gezeigt, im Abstand von etwa 5 mm übereinander auf dem Wickelkörper mit Duosan festgelegt, nachdem sie vorher zweimal in verdünntes Duosan getaucht wurden. Danach müssen die Spulen jeweils etwa 24 bis 48 Stunden gut durchtrocknen.

Beim Verlöten der Hochspannung führenden Anschlüsse ist zur Vermeidung von Koronaverlusten darauf zu achten, daß keine scharfen Kanten oder Spitzen durch aus den Lötstellen herausragende Anschlußdrähte o. ä. entstehen. Auch auf die Isolation der Hochspannung führenden Verbindungen ist zu achten. Hierzu gehört auch die Verbindung vom Ablenksystem zum Zeilentrafo.

Die oben bereits erwähnte Korrektur der Zeilenverschiebung nach links wird in der hier verwendeten Ablenkeinheit erzielt, indem man die Fokussierspule, die mit den Ablenkspulen auf einem Pertinaxrohr angeordnet ist, von diesem herunterzieht. Das Pertinaxrohr wird nun dicht an den Ablenkspulen abgesägt. Die Ablenkspulen werden auf den Bildröhrenhals geschoben und die Anschlüsse angelötet.

Die Fokussierspule ist dagegen sicherheitshalber zu demontieren, um beim

Abgleich der Horizontalablenkung

Bevor die Zeilenendstufe in Betrieb genommen wird, ist es zweckmäßig, ungefähr die Frequenz des Multivibrators, $Rö_{15}$, festzustellen. Zu diesem Zweck wird durch Frequenzvergleich mit einem Tongenerator die am Schwungradkreis stehende Frequenz gemessen. Der Sollwert beträgt 15625 Hz. Der HF-Eisenkern der Spule soll möglichst gerade eintauchen. Da die Kernpermeabilität bei Erwärmung meist nicht konstant bleibt, ist dies zu beachten. Der genaue Abgleich muß dann bei laufendem Sender durch das geschriebene Bild kontrolliert werden. Um zu verhindern, daß der Heizfaden der $Rö_{17}$ durchbrennt, schiebe man die Heizwicklung auf dem Zeilentrafo zunächst soweit wie möglich von der Hochspannungswicklung weg und drehe außerdem den HF-Eisenkern ganz heraus. Zur Einstellung der Heizspannung nähere man nun die Heizwicklung vorsichtig der Hochspannungswicklung bis auf höchstens 5 mm. Brennt der Heizfaden der 1 Z 1 noch nicht, so drehe man den HF-Eisenkern langsam in die Spule hinein. Dabei wird der Heizfaden eine dunkelrote Färbung annehmen, womit die richtige Heizspannung erreicht ist. Mit einem Meßinstrument läßt sich die Heizspannung nicht messen, da die $Rö_{17}$ durch Impulse geheizt wird.

Vorsicht! Beim Abgleich keinen Metallschraubenzieher verwenden. Über den Kondensator C_{66} kann für kurzzeitige Messungen ein 100-μA-Instrument über eine Vorwiderstandskette von 100 MΩ angeschlossen werden. Der Endausschlag beträgt dann 10 kV. An C_{66} liegt eine Spannung von etwa 7 bis 8 kV. Die Größe der Hochspannung und die nunmehr auf dem Bildschirm sichtbare Zeilenablenkung ist wesentlich von der richtigen Größe des Kondensators C_{64} abhängig. Sie liegt zwischen 5 und 12 pF. Es darf kein normaler Trimmer verwendet werden, da die hier auftretende Impulsspannung recht hoch ist und der Trimmer dann durchschlagen würde. Es empfiehlt

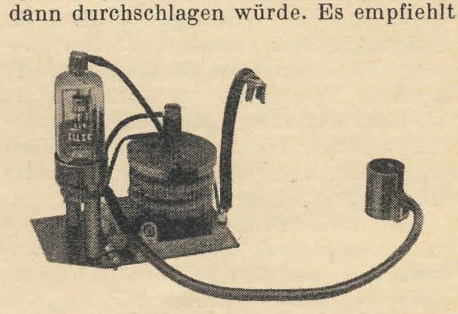


Bild 20: Der fertig montierte Zeilentrafobaustein mit der Hochspannungsgleichrichterröhre 1 Z 1

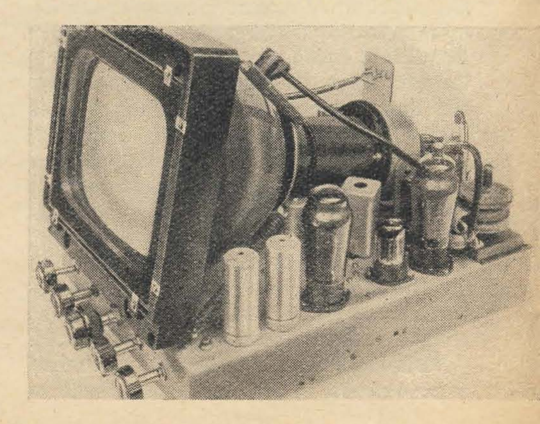
sich, zum Abgleich einen entsprechenden spannungsfesten Luftdrehkondensator zu verwenden. Der ermittelte Wert ist dann durch eine entsprechende Festkapazität zu ersetzen.

Die Zeilenamplitude kann außerdem durch P_9 in geringen Grenzen geregelt werden.

Beim Betrieb der später beschriebenen Bildablenkung stellen sich unter Umständen an der linken Seite des Zeilenrasters mehrere senkrechte nebeneinanderliegende dunkle Streifen ein. Diese Streifen haben ihre Ursache in den dem Zeilensägezahn überlagerten höheren Sinusschwingungen. Sie können durch den Trimmer C_{68} zum größten Teil kompensiert werden. Für C_{68} kann ein gewöhnlicher Trimmer, zum Beispiel 5 bis 30 pF (AK 2514), verwendet werden.

Nach dem Abgleich wird die Abschirmhaube über den gesamten Zeilenkipp gestülpt und befestigt. Unter dem Chassis wird die Abdeckplatte angeschraubt.

Bild 21: Seitenansicht des Empfängers. Die Haube des Zeilenkippgenerators ist abgenommen. Die Impulstrennstufe $Rö_{12}$ ist abgeschirmt



Vertikale Ablenkung

Die Ablenkung des Elektronenstrahles in vertikaler Richtung erfordert wesentlich weniger Aufwand. Es wird daher nur eine ECL 11 verwendet, deren Triodensystem als Sperrschwinger geschaltet ist.

Die Frequenz läßt sich mit P_4 regeln, während die Bildamplitude durch P_5 einstellbar ist. Der Sperrschwinger wird durch die integrierten Bildimpulse über C_{50} synchronisiert.

Den Sperrschwingertrafo selbst herzustellen, ist nicht kritisch; eventuell können bereits vorhandene NF-Trafos entsprechender Größe verwendet werden. Die Windungszahlen für den Sperrschwingertrafo sind der Tabelle VII zu entnehmen.

Tabelle VII Wickeldaten Bildkipp

Sperrschwingertrafo: Ktr. 0 bzw. M 30/10 1 — 2 2400 Wdg. 0,08 ∅ CuL 3 — 4 600 Wdg. 0,08 ∅ CuL
Bilddrossel: Ktr. 1 bzw. M 42 ohne Luftspalt 9000 Wdg. 0,07 ∅ CuL

Von C_{51} des Sperrschwingers wird die 50-Hz-Kippfrequenz über C_{52} abgenommen und dem Gitter der Endröhre zugeführt.

Da das verwendete Ablenksystem hochohmig ist, entfällt der Ausgangstransformator. Statt dessen wird hier Drosselkopplung verwendet (s. Bild 1). Bei der Drossel Dr_2 ist lediglich auf die Einhaltung der angegebenen Induktivitätswerte zu achten.

Mit P_6 läßt sich das Zeilenraster vertikal verschieben. Die Gittervorspannung wird vom Spannungsteiler P_7 abgegriffen; hierdurch läßt sich die Linearität der vertikalen Ablenkung regeln.

Zum mechanischen Aufbau dieses Kippteiles ist nichts weiter zu erwähnen. Alles Wesentliche ist aus den Bildern 16 und 21 zu ersehen. Die Bilddrossel muß abgeschirmt werden.

Abgleich der vertikalen Ablenkung

Wie beim Zeilenkipp wird zunächst die angenäherte Frequenz des Sperrschwingers durch Frequenzvergleich festgestellt. Am Gitter der Bildendstufe muß ein möglichst linearer Sägezahn vorhanden sein, wie Bild 1g[1]) zeigt.

Die richtige Einstellung der Regler für Amplitude und Linearität kann erst dann vorgenommen werden, wenn die ersten Empfangsversuche geglückt sind. Dann läßt sich nämlich an Hand eines Testbildes (Schachbrett) jede Verzerrung der Bildablenkung erkennen.

Eine Dunkeltastung für die Zeilenrückläufe ist nicht vorgesehen. Der Empfänger ist daher in der Helligkeit so einzustellen, daß die Rückläufe gerade verschwinden. Bei einwandfrei arbeitendem Fernsehstudio bzw. -sender wird keine Verschlechterung der Bildqualität eintreten.

Netzteil

Wie bereits im Heft 11 erwähnt, ist der Netzteil auf einem besonderen Chassis aufgebaut. Dieses Chassis kann zum Beispiel als Einschubchassis ausgebildet werden. Die Daten der beiden Netztransformatoren und der Drossel sind den Wickelangaben der Tabelle VIII zu entnehmen. Schwierigkeiten im mechanischen Aufbau des Netzteiles dürften nicht entstehen.

Wir möchten hier auf einen Zeichenfehler im Bild 1[1]) hinweisen. Und zwar muß die Katode der $Rö_{19}$ (EZ 12) mit der Heizung und nicht mit der Anode der $Rö_{20}$ (EZ 12) verbunden werden. Diese Anode liegt mit der entsprechenden Anode der $Rö_{19}$ am Anodentransformator. Ferner ist der Wert des Katodenwiderstandes R_{10} der $Rö_3$ (EF 80) von 50 kΩ auf 50 Ω abzuändern.

Abschließend sei noch auf die fotografischen Aufnahmen des Videosignales bzw. der Impulse hingewiesen. Diese wurden auf Agfa Isopan F 17/10° DIN-Film aufgenommen.

Objektiv: Zeiß Tessar, f = 5 cm, mit Zwischentubus 17 mm.

Blende: 2,8; Entfernung: 25 cm; Belichtungszeit: 0,5 s.

Tabelle VIII Wickeldaten für den Netzteil

$Tr._1$: Ktr. 6 bzw. M 102/36

Anschlüsse	Spannungen	Wickeldaten
1 — 2	primär 220 V	740 Wdg. 0,47 ∅ CuL
I 6 — 7	sekundär 6,3 V	22 Wdg. 0,95 ∅ CuL
II 4 — 5	6,3 V	22 Wdg. 1,2 ∅ CuL
III 8 — 9	6,3 V	22 Wdg. 1,3 ∅ CuL
IV 10 — 11	6,3 V	22 Wdg. 0,8 ∅ CuL
V 13 — 14	6,3 V	22 Wdg. 0,5 ∅ CuL
VI 16 — 17	6,3 V	22 Wdg. 0,95 ∅ CuL

$Tr._2$: Ktr. 7 bzw. M 102/52

Anschlüsse	Spannungen	Wickeldaten
1 — 2	primär 220 V	500 Wdg. 0,59 ∅ CuL
4 — 5 — 6	sekundär 2 × 350 V	2 × 875 Wdg. 0,33 ∅ CuL

Netzdrossel Dr. 1: Ktr. 5 bzw. M 85/33
4200 Wdg. 0,3 ∅ CuL L = 6 H bei 200 mA

Zusammenstellung der verwendeten Einzelteile

Röhren

$Rö_1$	EF 85
$Rö_2$	ECC 81
$Rö_{3,4,5,8,9}$	EF 80
$Rö_{6,10}$	EAA 91
$Rö_7$	6 AG 7
$Rö_{11}$	23 LK lb (neue Bezeichnung B 23 M l)
$Rö_{12,15}$	6 SN 7
$Rö_{13}$	ECL 11
$Rö_{14}$	6 J 5
$Rö_{16}$	EL 12 spez
$Rö_{17}$	1 Z 1
$Rö_{18}$	5 Z 4
$Rö_{19,20}$	EZ 12
$Rö_1$ bis $Rö_{20}$	mit Fassung

Widerstände

Teil	Größe	Bemerkung
R_1	2 kΩ, 0,5 W	
R_2	10 kΩ, 1 W	
R_3	50 kΩ, 0,25 W	
R_4	3 kΩ, 1 W	
R_5	100 kΩ, 0,25 W	
R_6	50 kΩ, 0,25 W	
R_7	5 kΩ, 1 W	
R_8	10 kΩ, 1 W	
R_9	10 kΩ, 0,25 W	
R_{10}	50 Ω, 0,25 W	
R_{11}	2 kΩ, 1 W	
R_{12}	20 kΩ, 0,25 W	
R_{13}	3 kΩ, 0,5 W	
R_{14}	5 kΩ, 0,25 W	
R_{15}	50 Ω, 0,25 W	
R_{16}	1 kΩ, 1 W	
R_{17}	1 kΩ, 1 W	
R_{18}	3 kΩ, 0,5 W	
R_{19}	3 kΩ, 0,25 W	
R_{20}	270 Ω, 0,25 W	
R_{21}	3 kΩ, 0,5 W	
R_{22}	3 kΩ, 0,25 W	
R_{23}	20 kΩ, 1 W	
R_{24}	3 kΩ, 5 W	Drahtwiderstand
R_{25}	500 kΩ, 0,25 W	
R_{26}	3 kΩ, 0,25 W	
R_{27}	15 kΩ, 0,25 W	
R_{28}	1 kΩ, 0,25 W	
R_{29}	300 kΩ, 0,25 W	
R_{30}	50 kΩ, 0,25 W	
R_{31}	2 kΩ, 0,25 W	
R_{32}	270 Ω, 0,25 W	
R_{33}	1 kΩ, 0,5 W	
R_{34}	100 kΩ, 0,25 W	
R_{35}	50 kΩ, 0,25 W	
R_{36}	200 kΩ, 0,25 W	
R_{37}	100 kΩ, 0,5 W	
R_{38}	220 kΩ, 0,25 W	
R_{39}	220 kΩ, 0,25 W	
R_{40}	100 kΩ, 0,25 W	
R_{41}	1 kΩ, 5 W	Drahtwiderstand
R_{42}	400 kΩ, 0,25 W	
R_{43}	100 kΩ, 0,25 W	
R_{44}	20 kΩ, 0,25 W	
R_{45}	500 Ω, 0,25 W	
R_{46}	10 kΩ, 0,5 W	
R_{47}	47 kΩ, 0,25 W	
R_{48}	6 kΩ, 0,25 W	
R_{49}	6 kΩ, 0,25 W	
R_{50}	500 kΩ, 0,25 W	
R_{51}	500 kΩ, 0,25 W	
R_{52}	500 kΩ, 0,25 W	
R_{53}	2 MΩ, 0,5 W	
R_{54}	10 MΩ, 0,5 W	
R_{55}	3 kΩ, 0,5 W	
R_{56}	30 kΩ, 1 W	
R_{57}	10 kΩ, 1 W	

[1]) Siehe RADIO UND FERNSEHEN Nr. 11 (1956) Seite 333.

Teil	Größe	Bemerkung
R_{58}	1 kΩ, 3 W	
R_{59}	500 kΩ, 0,25 W	
R_{60}	500 Ω, 0,25 W	
R_{61}	5 kΩ, 1 W	
R_{62}	100 kΩ, 0,25 W	
R_{63}	5 kΩ, 0,5 W	
R_{64}	30 kΩ, 0,25 W	
R_{65}	100 kΩ, 0,25 W	
R_{66}	30 kΩ, 0,5 W	
R_{67}	5 kΩ, 0,5 W	
R_{68}	200 kΩ, 0,25 W	
R_{69}	10 kΩ, 0,25 W	
R_{70}	15 kΩ, 0,25 W	
R_{71}	500 kΩ, 0,25 W	
R_{72}	100 Ω, 0,25 W	
R_{73}	100 Ω, 0,5 W	
R_{74}	270 Ω, 1 W	
R_{75}	5 kΩ, 3 W	
R_{76}	20 kΩ, 1 W	

Kondensatoren

Teil	Größe	Bemerkung
C_1	1 nF, 110 V	Sikatrop
C_2	1 pF, 250 V	Keramik
C_3	1 nF, 250 V	Sikatrop
C_4	50 pF, 250 V	Keramik
C_5	2 pF, 250 V	Keramik
C_6	2 bis 7 pF	Luftdrehko
C_7	5 pF, 250 V	Keramik
C_8	50 pF, 250 V	Keramik
C_9	10 pF, 250 V	Keramik
C_{10}	5 nF, 250 V	Sikatrop, auch Epsilan
C_{11}	120 pF, 250 V	Keramik
C_{12}	1 nF, 110 V	Sikatrop
C_{13}	5 nF, 250 V	Sikatrop, auch Epsilan
C_{14}	5 nF, 250 V	Sikatrop, auch Epsilan
C_{15}	1 nF, 110 V	Sikatrop
C_{16}	5 nF, 250 V	Sikatrop, auch Epsilan
C_{17}	5 nF, 250 V	Sikatrop, auch Epsilan
C_{18}	5 nF, 110 V	Sikatrop
C_{19}	5 nF, 250 V	Sikatrop, auch Epsilan
C_{20}	40 pF, 250 V	Keramik
C_{21}	5 nF, 250 V	Sikatrop, auch Epsilan
C_{22}	50 nF, 110 V	Sikatrop
C_{23}	30 pF, 250 V	Keramik
C_{24}	16 μF, 500 V	Elko Kl. 1
C_{25}	50 μF, 500 V	Elko Kl. 1
C_{26}	0,1 μF, 500 V	Sikatrop
C_{27}	0,1 μF, 500 V	Sikatrop
C_{28}	1 μF, 350 V	Becherkondensator
C_{29}	5 bis 50 pF	Trimmer
C_{30}	5 nF, 110 V	Sikatrop
C_{31}	25 μF, 500 V	Elko
C_{32}	5 nF, 250 V	Sikatrop, auch Epsilan
C_{33}	14 pF, 250 V	Keramik
C_{34}	10 pF, 250 V	Keramik
C_{35}	100 pF, 250 V	Keramik
C_{36}	5 nF, 250 V	Sikatrop, auch Epsilan
C_{37}	5 nF, 250 V	Sikatrop, auch Epsilan
C_{38}	10 pF, 250 V	Keramik
C_{39}	50 pF, 250 V	Keramik
C_{40}	10 pF, 250 V	Keramik
C_{41}	100 pF, 250 V	Keramik
C_{42}	100 pF, 250 V	Keramik
C_{43}	25 nF, 250 V	Sikatrop
C_{44}	50 nF, 250 V	Sikatrop
C_{45}	25 μF, 500 V	Elko
C_{46}	2 nF, 250 V	Sikatrop
C_{47}	5 nF, 250 V	Sikatrop oder Rollkondensator
C_{48}	5 nF, 250 V	Sikatrop oder Rollkondensator
C_{49}	10 nF, 250 V	Sikatrop oder Rollkondensator
C_{50}	10 nF, 250 V	Sikatrop oder Rollkondensator
C_{51}	0,2 μF, 350 V	Becherkondensator
C_{52}	0,2 μF, 500 V	Rollkondensator
C_{53}	0,5 μF, 110 V	Becherkondensator
C_{54}	120 pF, 250 V	Keramik
C_{55}	50 μF, 500 V	Elko
C_{56}	50 μF, 500 V	Elko
C_{57}	20 pF, 250 V	Keramik
C_{58}	8 nF, 250 V	Sikatrop
C_{59}	0,1 μF, 350 V	Becherkondensator
C_{60}	300 pF, 250 V	Keramik
C_{61}	0,1 μF, 250 V	Becherkondensator
C_{62}	300 pF, 350 V	Keramik
C_{63}	10 nF, 500 V	Sikatrop
C_{64}	2 bis 10 pF	Trimmer
C_{65}	0,1 μF, 500 V	Rollkondensator
C_{66}	500 pF, 10/30 kV	Rollkondensator
C_{67}	0,1 μF, 500 V	Rollkondensator
C_{68}	5 bis 30 pF	Trimmer
C_{69}	10 nF, 500 V	Rollkondensator
C_{70}	10 nF, 500 V	Rollkondensator
C_{71}	50 μF, 500 V	Elko
C_{72}	50 μF, 500 V	Elko
C_{73}	500 μF, 30/35 V	Elko
C_{74}	50 μF, 500 V	Elko

Potentiometer

Teil	Größe	Bemerkung
P_1	10 kΩ lin, 0,8 W	Doppelpotentiometer mit Netzschalter
P_2	100 kΩ lin, 0,8 W	
P_3	500 Ω lin, 2 W	Drahtpotentiometer
P_4	500 kΩ lin, 0,4 W	
P_5	500 kΩ lin, 0,4 W	
P_6	100 kΩ lin, 0,4 W	
P_7	2 MΩ lin, 0,4 W	
P_8	100 kΩ lin, 0,4 W	
P_9	50 kΩ lin, 0,8 W	

Sonstiges

Teil	Größe	Bemerkung
Tr.$_1$	Heiztransformator	siehe Wickelangaben
Tr.$_2$	Anodentransformator	siehe Wickelangaben
Tr.$_3$	Sperrschwingertrafo	siehe Wickelangaben
Tr.$_4$	Heiztrafo	siehe Wickelangaben
Tr.$_5$	Zeilentransformator	siehe Wickelangaben
Dr.$_1$	Netzdrossel	siehe Wickelangaben
Dr.$_2$	Bilddrossel	siehe Wickelangaben
Ablenksystem aus T 2		
Si_1	Sicherung 3 A	

Sechs Chassisteile nach Skizzen. Verschiedenes Kleinmaterial wie Schrauben, Muttern, Bandfilterbecher, HF-Buchse, Kupplungen, Netzschnur, Stützpunkte usw.

Vom Fernsehen

Zu den Farbfernsehvorführungen im April dieses Jahres in London vor der Studienkommission des CCIR (siehe auch den Beitrag auf Seite 404 des Heftes 13) hatten folgende Firmen Farbfernsehempfänger ausgestellt: E. K. Cole; Cossor; Electrical and Musical Industries; General Electric Company; Marconi; Murphy; Pye. Die BBC soll von zwölf für die weiteren Versuche benötigten Empfängern acht bei Murphy bestellt haben. Diese Geräte arbeiten mit einer aus den USA importierten 21-Zoll-Maskenröhre, die etwa den sechsfachen Preis einer 21-Zoll-Schwarz-Weiß-Röhre hat. Die Bedienung eines Farbfernsehgerätes ist etwas komplizierter, da zum Beispiel der Murphy-Empfänger zwölf Bedienungselemente gegenüber etwa neun bei einem normalen FS-Gerät aufweist.

(electronics, Mai 1956)

Fernsehkamera im Atomreaktor. Eine ferngesteuerte und mit einer eigenen Lichtquelle ausgerüstete Fernsehkamera wurde von Pye Ltd. zum Einsatz im Inneren eines Reaktors entwickelt. Die Kamera arbeitet, wenn der Reaktor noch radioaktiv, allerdings nicht mehr in Tätigkeit ist, und kann bei Temperaturen bis zu 200° C verwendet werden. In ein rostfreies Stahlgehäuse, in dem sich die Kamera befindet, wird Kohlendioxydgas zur Kühlung gepumpt. Nach der Kühlung gelangt das Gas durch kleine Ventile in der Kamera in den Reaktor, ohne jedoch Einfluß auf die Funktion des Reaktors zu nehmen. Nach eingehenden Versuchen soll diese Kamera in der Calder Hall Atomstation in Cumberland (Großbritannien) verwendet werden.

(electronics, Mai 1956)

Neue Farbfernsehröhre. Wie Dr. Beneš (Institut für Nachrichtentechnik in Prag) anläßlich eines Fachkolloquiums im Deutschen Fernsehfunk Berlin mitteilte, soll die Entwicklung einer neuartigen Farbfernsehbildröhre bei Philco (USA) einen gewissen Abschluß erreicht haben. Diese Röhre arbeitet ohne Maske. Der Schirm ist in Zeilen aus verschiedenen Stoffen unterteilt, und zwar folgt auf drei Zeilen, die bei Elektronenaufprall in den drei Grundfarben Rot, Grün und Blau leuchten, jeweils eine Zeile eines nichtleuchtenden Stoffes mit ausgeprägter Sekundäremission. Zwei Elektronenstrahlen tasten synchron zueinander das Raster auf den Farbzeilen bzw. auf den Sekundäremissionszeilen ab. Die Farbinformation steuert den Strahl, der die sekundäremittierenden Zeilen abtastet; durch die Dichtemodulation dieses Strahles fließen Sekundäremissionsströme verschiedener Stärke und erzeugen Ablenkfelder, die den bildschreibenden Strahl auf die jeweils verlangte Farbzeile lenken.

LEHRGANG FUNKTECHNIK

Fernsehrundfunk

26. Fortsetzung

Von WERNER TAEGER

Zwischen Generator und Gleichrichter wird zur Hochtransformierung der Oszillatorspannung ein HF-Übertrager geschaltet. Die sich dann ergebende Schaltung zeigt Bild 228. Die Spule L_1 des eigentlichen Schwingkreises ($L_1 - C_1$) ist dabei mit der Spule L_2 gekoppelt, die ihrerseits mit der Kapazität des Gleichrichters und sonstigen schädlichen Kapazitäten den abgestimmten Kreis $L_2 - C_s$ bildet, dessen Eigenfrequenz hauptsächlich die erzeugte Frequenz bestimmt.

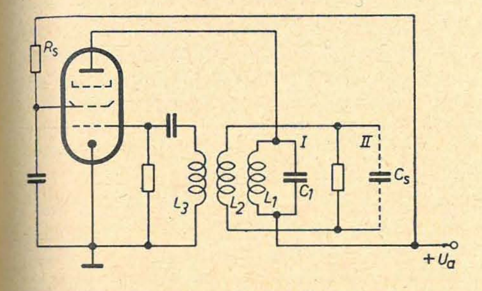


Bild 228: Hochspannungsoszillator zum Erzeugen der Bildröhrenanodenspannung

Man stimmt die Frequenzen der Kreise $L_1 - C_1$ und $L_2 - C_s$ etwa gleich ab, so daß ein Bandfilter entsteht. Bei veränderlicher Belastung soll nun die Spannung an C_s möglichst konstant sein. Ist R_1 der als Reihenwiderstand angenommene Verlustwiderstand des Kreises I und R_2 der entsprechende des Kreises II, so transformiert sich R_2 in den Kreis I mit dem Werte $\frac{\omega_0^2 M^2}{R_2}$. Der gesamte Verlustwiderstand des Kreises I ist dann:

$$R_p = R_1 + \frac{\omega_0^2 M^2}{R_2}, \qquad (209)$$

wobei $M^2 = k^2 \cdot L_1 \cdot L_2$ ist (k = Kopplungsfaktor). Führt man noch die Kreisgüte $Q = \frac{\omega L}{R}$ ein, so folgt aus Gleichung (209):

$$R_p = R_1 \left(1 + \frac{\omega_0^2 \cdot k^2 \cdot L_1 \cdot L_2}{R_1 \cdot R_2}\right)$$
$$= R_1 (1 + k^2 \cdot Q_1 \cdot Q_2) \cdot \qquad (210)$$

Das Verhältnis der Spannung an der Schwingkreiskapazität C_s zur Gesamtspannung ergibt sich zu

$$\frac{U_{Cs}}{U} = \frac{k\, Q_1\, Q_2}{1 + k^2\, Q_1\, Q_2} \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \cdot (211)$$

Bei der kritischen Kopplung $k^2 \cdot Q_1 \cdot Q_2 = 1$ würde sich ein Maximum ergeben, aber es wird nur die halbe Energie aus dem Primärkreis übertragen. Macht man jedoch $k^2 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \gg 1$, so erfolgt praktisch eine vollständige Übertragung der Energie, wobei das Bandfilter stark überkritisch gekoppelt ist. Wegen der viel Platz beanspruchenden Isolation der Wicklungen gegen- und untereinander bleibt der Kopplungsfaktor k selbst verhältnismäßig klein. Damit das Produkt $k^2 \cdot Q_1 \cdot Q_2$ trotzdem groß gegenüber 1 ist, müssen die Kreisgüten Q_1 und Q_2 der Spulen möglichst groß gemacht werden. Im Frequenzbereich um 100 kHz herum erreicht man durch Verwendung von Spulen mit HF-Masseeisenkernen leicht hohe Güten, auch die kleinen räumlichen Abmessungen der Kreise sprechen für das Verwenden dieses Frequenzbereiches.

Der Oszillator muß in der Lage sein, die von der Bildröhre als Anodengleichstromleistung (etwa 10 kV × 0,5 mA) verlangte Leistung abzugeben. Daneben müssen aber auch noch die Verluste in den Schwingungskreisen gedeckt werden (auch das ist ein Grund, die Kreisgüten möglichst groß zu machen). Im allgemeinen kommt man daher mit einer der üblichen Endpentoden aus, wie sie in NF-Verstärkern und Rundfunkempfängern benutzt werden. Arbeitet man dabei mit großer negativer Gittervorspannung, so treten kurze, nahezu rechteckförmige Stromimpulse auf.

Bild 229 zeigt eine praktisch ausgeführte Schaltung des Hochspannungsgenerators. Die beiden Gleichrichterdioden EY 51 arbeiten in Greinacherschaltung, ihre Eigenkapazität ergibt zusammen mit der Induktivität L_2 (hohe Windungszahl!) die geforderte Resonanzfrequenz. Die Heizleistung der beiden Dioden wird durch besondere Heizwicklungen dem HF-Kreis entnommen. In dem Anodenschwingungskreis $L_1 - C_1$ (L_1 hat verhältnismäßig wenig Windungen, C_1 beträgt etwa 1 nF) und der Rückkopplungsspule L_3 wird die Hochfrequenz von etwa 100 kHz erzeugt. Die Konstanz der abgegebenen Hochspannung wird dadurch gewährleistet, daß die Schirmgitterspannung der PL 81 belastungsabhängig geregelt wird. Die Spannungskonstanz ist besonders bei Projektionsfernsehempfängern ein wichtiger Punkt, da der Strahlstrom bei unterschiedlicher Bildhelligkeit schwankt, was einer Belastungsänderung für den Gleichrichter gleichkommt. Die für das Regeln der Spannung erforderliche Regelgröße wird an dem Spannungsteiler $R_1 - R_2$ abgenommen. Da sie verhältnismäßig klein ist, wird sie in der als Gleichstromverstärker geschalteten EF 42 verstärkt und von dort dem Schirmgitter der PL 81 zugeleitet. Bei sinkender Hochspannung steigt automatisch die Schirmgitterspannung. Dadurch wird ein weiteres Absinken der Spannung als Folge der Belastung verhindert.

Eine andere Möglichkeit der Spannungsregelung in Abhängigkeit von der Belastung ergibt sich dadurch, daß auf dem Transformator eine weitere Wicklung angebracht ist, in der eine hochfrequente Spannung induziert wird. Nach Gleichrichtung und Verstärkung läßt sich damit die Schirmgitterspannung der Oszillatorröhre steuern.

Durch eine verhältnismäßig einfache kleine Zusatzanordnung kann man die Anodenspannung für die Bildröhre (Beschleunigungsspannung) um etwa 2,5 kV erhöhen, wenn zum Beispiel die Bildhelligkeit gesteigert werden soll (bei Verwendung eines Graufilters), oder wenn man eine Bildröhre für höhere Anodenspannungen einsetzen will. Bild 230 zeigt, welche Schaltungserweiterung vorgenommen werden muß (gestrichelt umrahmt). Es ist der Fall angenommen, daß die Hochspannung aus einem Netzgleichrichter (220 V, 50 Hz) entnommen wird. Die Einrichtung ist aber auch für jede andere Hochspannungserzeugungsmöglichkeit zu verwenden. In allen Fällen ist nur eine Verbindung zwischen dem Zusatzgerät und der Anode der Zeilenkippendröhre herzustellen, die vorhandene Spannungszuführung zur Bildröhre aufzutrennen und der Ausgang des Zusatzgerätes in

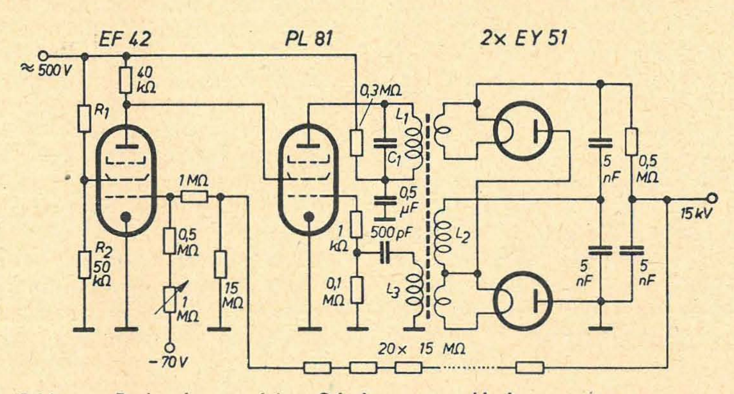


Bild 229: Praktisch ausgeführte Schaltung eines Hochspannungsgenerators

diese Leitung zu legen. Das kleine Gerät richtet die beim Zeilenrücklauf an der Anode der Zeilenkippendröhre auftretenden Spannungsimpulse gleich und ladet damit den Kondensator C_2 auf. Die Spannung am Kondensator C_2 addiert sich zu der vorhandenen Bildröhrenspannung. Man benötigt zwei Kondensatoren C_1 und C_2 von je 1 nF für eine Betriebsspannung von 6 kV, einen Widerstand von 2 MΩ (1 W) und einen Selengleichrichter.

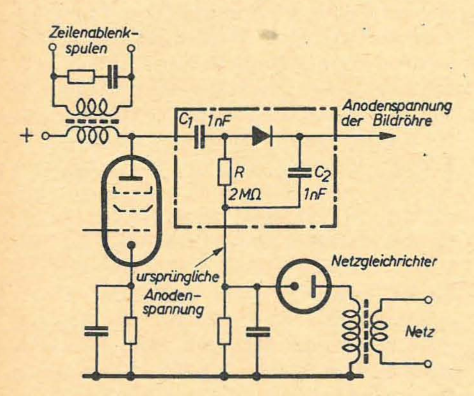


Bild 230: Erhöhung der Anodenspannung für die Bildröhre in einem zusätzlichen Gleichrichter

Wenn irgend möglich, soll man im Fernsehempfänger keine Transformatoren verwenden, da sie ein Magnetfeld erzeugen, das in empfindlichen Geräten einen Brumm ergeben kann.

Bei der magnetischen Strahlablenkung wird bereits ein Magnetfeld zur Strahlbeeinflussung erzeugt und das Streufeld des Netztransformators kann daher ungewollte Ablenkungen des Elektronenstrahls hervorrufen, wenn er nicht weit genug von der Bildröhre untergebracht und nach außen gut abgeschirmt ist. So ergibt zum Beispiel eine 50- oder 100-Hz-Spannung bei der Helligkeitssteuerung einen oder zwei horizontale, in der Helligkeit abschattierte Streifen im Bild (Helligkeitsbrumm). Ebenso können gerade Linien, also senkrechte und waagerechte Begrenzungen eines Hauses oder dergleichen, im Fernsehbild zu Wellenlinien werden (Geometriebrumm).

Um solche Einflüsse mit Sicherheit auszuschließen, müssen alle Stromversorgungsleitungen gut verdrosselt und verblockt sein. Bild 231 zeigt ein Schaltbeispiel für die Stromversorgung eines Allstromempfängers. Auffällig sind die großen Werte der Elkos hinter dem Gleichrichter; mit den in Rundfunkempfängern üblichen Werten von 8 oder 16 μF im Netzteil ist keine ausreichende Siebung des gleichgerichteten Stromes zu erwarten.

Man verwendet im Fernsehempfänger Röhren mit Heizfäden, die eine Stromaufnahme von 0,3 A haben. Alle Röhren werden, wie in der Allstromtechnik üblich, in Reihe geschaltet, so daß der Heizstromverbrauch des Gerätes bei 220 V rund 66 W beträgt. Um Beschädigungen der noch kalten Heizfäden beim Einschalten zu vermeiden, liegt im Heizstromkreis eine Regelröhre V. Bei der Reihenfolge der Heizfäden im Heizstromkreis ist zu beachten, daß die Röhren mit geringer Isolationsfestigkeit zwischen Heizfäden und Katode, von Masse an gerechnet, als erste geschaltet werden.

16. Die Projektion von Fernsehbildern

Schon frühzeitig war man bestrebt, Methoden zu entwickeln, die eine Großprojektion von Fernsehbildern gestatten. Das Herstellen von Mammutröhren gab man jedoch auf, da derartige große Hochvakuumröhren sehr teuer und leicht zerbrechlich sind. Es mußten also andere Wege gefunden werden.

Man unterscheidet zwischen Großbildanlagen, bei denen einem größeren Publikum (etwa mehreren 100 Zuschauern) ein Bild mit einer Diagonale von etwa 5 m vermittelt werden soll und sogenannten Heimprojektionsanlagen, deren Bilddiagonale schätzungsweise 1 m lang sein soll. Die Diagonale des Fernsehbildes, direkt auf dem Boden der Bildröhre betrachtet, beträgt beim normalen Heimempfänger nur 0,3 m. Für die drei genannten Fälle verhalten sich die Bildabmessungen wie 15:3:1. Die Bildflächen selbst verhalten sich wie die Quadrate dieser Zahlen zueinander; wenn man auf diesen Flächen jeweils die gleiche Flächenhelligkeit erzielen will, so müssen also die drei Bilder Lichtströme ausstrahlen, die sich dann wie 200:10:1 verhalten. Da nun bei Projektionsgeräten das Licht auf dem Schirmbild erst durch optische Mittel auf die Projektionswand gestrahlt werden muß, wobei ein erheblicher Verlust an Lichtstrom eintritt, ergeben sich in Wirklichkeit noch größere Verhältnisse, etwa 2000:100:1.

Einer beliebigen Leistungssteigerung in einem Katodenstrahl steht nun außer der begrenzten Ergiebigkeit der emittierenden Katode vor allem die physikalische Schranke entgegen, daß sich die Strahlelektronen bei ständiger Erhöhung der Stromdichte im Strahl gegenseitig in steigendem Maße abstoßen, das heißt, es wird immer schwieriger, mit steigender Stromdichte im Strahl ein scharfes Bildraster zu schreiben. Diese abstoßenden Kräfte bleiben in vernünftigen Grenzen, wenn man die Leistungserhöhung durch Vergrößerung der Strahlspannung vornimmt.

Ein Vorgänger der Fernsehgroßprojektion war gewissermaßen das Zwischenfilmverfahren, um Fernsehreportagen senden zu können. Später verwandte man es auch auf der Empfangsseite. Zu der Zeit, als noch keine hochempfindlichen Abtaströhren bekannt waren, ließen sich Aufnahmen nur durchführen, wenn die Szene durch eine größere Anzahl von Scheinwerfern genügend aufgehellt wurde. Es war deshalb unmöglich, bei bedecktem Himmel eine Sportveranstaltung im Freien auf diese Weise aufzunehmen. Beim Zwischenfilmverfahren wird die Szene mit einer gewöhnlichen Filmkamera aufgenommen, nach der Aufnahme sofort entwickelt, fixiert und gewässert, danach in einer besonderen Trockenkammer getrocknet und schließlich, wie im Kino, an einer Projektionseinrichtung vorbeigeführt, die ähnlich wie heute der Filmabtaster arbeitet. Damit konnte die aufgenommene Szene mit nur wenig mehr als einer Minute zeitlicher Verzögerung nach der Aufnahme ausgesendet werden. Wesentlich wichtiger in diesem Zusammenhang ist aber das Verwenden des Zwischenfilmverfahrens auf der Empfangsseite. Man konnte zum Beispiel das Fernsehbild auf dem Schirm der Bildröhre mit einer Schmalfilmkamera filmen, dann ähnlich, wie soeben für die Aufnahme geschildert, den Film vorführfertig machen und mit dem Projektor auf die Leinwand werfen, so daß er nun als „Ferngroßprojektion" einem größeren Publikum vorgeführt werden konnte. Auch hier verstrich infolge einer raffiniert ausgeklügelten Technik zwischen dem Fotografieren des Bildes auf der Braunschen Röhre und der Vorführung mittels Projektor nur die Zeit von 70 bis 80 Sekunden.

Ein sehr interessantes modernes Großprojektionsverfahren ist das sogenannte Eidophorverfahren (das griechische Wort „Eidophor" bedeutet soviel wie „Bildträger"), das von den beiden Schweizern Fischer und Thiemann entwickelt wurde. Im Strahlengang eines Lichtbündels befinden sich in einem bestimmten Abstand voneinander zwei Gitter (sogenannte Schlierenoptik). Zwischen den beiden Gittern ist die durchsichtige Eidophorschicht angeordnet, über deren materielle Zusammensetzung noch keine Angaben vorliegen. Schräg auf die zähflüssige Schicht des Eidophor projiziert ein Strahlsystem das Fernsehbild, wodurch je nach der Stärke des Strahlstromes die Oberfläche dieser Schicht unter dem Elektronenaufprall ihre Struktur ändert. Die Strahlen des senkrecht auftreffenden Lichtbündels werden nun je nach der eingetretenen Oberflächenänderung mehr oder weniger abgelenkt. Da der Elektronenstrahl mit dem Fernsehbild moduliert

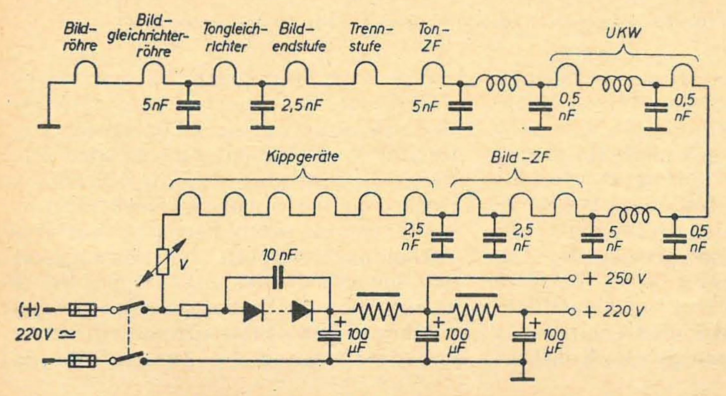


Bild 231: Allstromnetzteil für den Fernsehempfänger

ist, werden hinter dem zweiten Gitter die Lichtstrahlen ebenfalls im Rhythmus der Helligkeitswerte schwanken und ein vergrößertes Bild auf einer hinter dem zweiten Gitter befindlichen Filmleinwand erzeugen. Das Ganze wirkt demnach wie eine Elektronenröhre, wobei der konstante, senkrecht auftreffende Lichtstrom die „Anodenspannung" und der schräg auftreffende, mit dem Bildinhalt modulierte Elektronenstrahl die „Gitterspannung" darstellt. Es wird auch hierbei durch eine sehr geringe Steuerleistung (nämlich den modulierten Elektronenstrahl) die Intensität des starken Lichtbündels gesteuert. Die Helligkeit des auf die Leinewand projizierten Fernsehbildes hängt daher in der Hauptsache von der Intensität der Lichtquelle und nicht von der des Elektronenstrahls ab.

Neben dem Eidophorverfahren eignet sich noch die Projektion mittels der Schmidt-Optik zum Erzeugen großer Fernsehbilder. Dieses Verfahren hat heute überragende Bedeutung erlangt. Hierbei lautet die Aufgabe: Ein kleines, extrem helles Schirmbild einer Katodenstrahlröhre soll über ein optisches System vergrößert und mit ausreichender Helligkeit auf dem Projektionsschirm erzeugt werden. Dabei hat man die Wahl zwischen einer Vorsatzlinse oder einem Spiegelsystem. Der letzteren Methode ist der Vorzug zu geben; denn Spiegel besitzen gegenüber Linsen geringere optische Fehler, also zum Beispiel keine chromatische und wesentlich geringere sphärische Aberration, das heißt, sie können bei gegebener Aberration eine größere Lichtstärke als die Linsen haben. Außerdem sind Linsen in der Herstellung teurer als Spiegel. Beim Spiegelverfahren (Bild 232) ist dagegen nachteilig, daß das zu projizierende Bild unweigerlich zu einem Teil in den Gang der Lichtstrahlen kommt und diese damit um einen Teil ihrer Intensität schwächt.

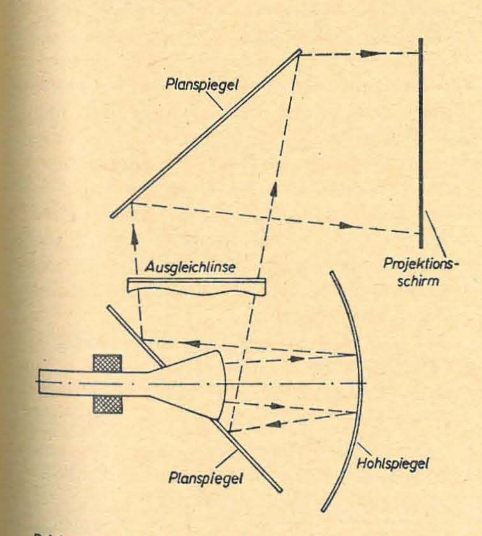


Bild 232: Schmidt-Optik zum Erzeugen großer Fernsehbilder

Man bedient sich zum Beseitigen der sphärischen Aberration der Schmidtschen Optik, bestehend aus einer Glasplatte mit aufgebrachter Gelatineschicht vom notwendigen Profil, die im Jahre 1932 von dem Optiker Schmidt für astronomische Zwecke angegeben wurde. Sie bildet einen wichtigen Teil des gesamten Spiegelsystems. Aus Bild 232 kann man ersehen, daß die Bildröhre mit ihrem Kopf durch eine Öffnung des Planspiegels ragt, jedoch relativ wenig Strahlen wegnimmt, so daß die Randabschattung auf dem Projektionsschirm gering bleibt. Ganz ohne Lichtverlust geht es nicht; denn auch bei anderer Anordnung der Bildröhre zum Hohlspiegel ragt erstere immer mehr oder weniger in den Strahlengang hinein. Die gewählte Art hat jedoch den aufbautechnischen Vorzug, daß der Lichtweg gleichsam zusammengefaltet ist und das Ganze nur geringen Raum einnimmt.

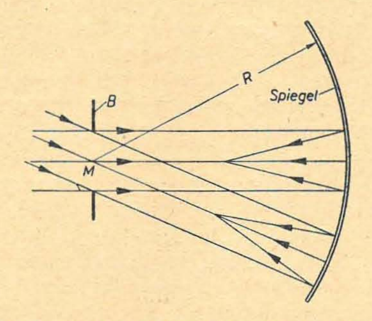


Bild 233: Hohlspiegel und Blende im Abstand des Krümmungsradius

Bild 233 zeigt die wesentlichen Merkmale der Schmidt-Optik. Wenn man vor einen sphärischen Hohlspiegel eine Blende B setzt, so daß die Blendenebene mit der Lage des Krümmungsmittelpunktes M für den Spiegel zusammenfällt und beliebige Parallelstrahlbündel durch die Blende in Richtung auf den Spiegel schickt, so werden alle reflektierten Strahlenbündel in der Entfernung des halben Krümmungsradius der Spiegeloberfläche gebündelt. Beliebige Punkte der unendlich fernen Ebene werden also auf einer Kugelfläche in der Entfernung des halben Krümmungsradius abgebildet. Bringt man umgekehrt einen Leuchtschirm in diese kugelförmige Bildfläche, so kann man ihn in seiner gesamten Ausdehnung (nicht nur den Achsenpunkt) scharf ins Unendliche abbilden. Zum Ausgleich der sphärischen Aberration des Spiegels wird eine gläserne Ausgleichlinse (siehe auch Bild 232) angebracht. Die Berechnung dieser Korrekturlinse führt zu einer asphärischen Oberfläche. In der Mitte ist die Linse am dicksten, wird dann zum Rande zu dünner, um in den äußersten Randzonen wieder zuzunehmen.

Durch die Anwesenheit der Glaslinse im Strahlengang entstehen aber wieder andere Fehler, so treten unter anderem auch Farbabweichungen auf. Die quantitative Bedeutung dieser Fehler ist aber unwesentlich, da der Spiegel das bildbestimmende Element ist und nicht die Linse. Selbst beim Verwenden eines gewölbten Bildschirmes ergibt sich eine leicht tonnenförmige Verzeichnung des Fernsehbildes; da nun aber durch die Ablenkspulensysteme der Bildröhre eine entgegengesetzte (kissenförmige) Verzeichnung auftritt, läßt man diese ganz einfach in gewissen Grenzen bestehen und gleicht damit die tonnenförmige Verzeichnung, die durch die Optik hineinkommt, wieder aus.

Für den Projektionsschirm verwendet man zweckmäßig Preßmaterial, zum Beispiel Perspex. Auf der Einfallseite des Lichtes, also der Rückseite des Schirmes wird eine Fresnellinse eingepreßt, wodurch die auseinanderlaufend einfallenden Strahlen parallel oder schwach konvergierend, das heißt zusammenlaufend, gebrochen werden. An der Austrittsseite, also zum Betrachter zu, befinden sich zahlreiche vertikale Gruben mit hyperbolischem Schnitt, die für eine ausreichende horizontale Streuung sorgen. Die vertikale Streuung kann klein sein, da sich die Augen aller Betrachter in etwa der gleichen Höhe befinden.

Voraussetzung für eine qualitativ hochwertige Wiedergabe ist die richtige, auf den Bruchteil eines Millimeters genaue Lage der Bildröhre zum Hohlspiegel bzw. der Ausgleichlinse.

Wesentlich für die gesamte Projektionsanlage ist natürlich die Bildröhre. Auf ihrem Schirm wird das Bild mit ungewöhnlicher Helligkeit erzeugt. Bei einer Bildgröße von etwa 17 cm² und 625 Zeilen muß der Leuchtfleck sehr klein sein. Vom Durchmesser des Leuchtflecks hängt die geringstmögliche Abmessung der Bildröhre und damit natürlich des gesamten optischen Systems ab. Als Fleckdurchmesser wird jener Wert bezeichnet, der sich aus der Formel

$$d = \text{konst.} \sqrt{\frac{I_a}{s_k \cdot U_a}} \qquad (212)$$

ergibt.

Dabei bedeuten I_a den Anodenstrom der Bildröhre, U_a die benutzte Anodenspannung und s_k die Stromdichte der Katode. Man erkennt aus der Gleichung, daß der Leuchtfleckdurchmesser um so kleiner wird, je niedriger der Anodenstrom und je größer die Anodenspannung ist. Mit wachsender Katodenstromdichte nimmt der Fleckdurchmesser ebenfalls ab.

Die Leistung im Elektronenstrahl, das heißt die Spannung U_a und der Strom I_a, hängt von der verlangten Bildhelligkeit ab. Geht man von der mittleren Leuchtdichte eines guten Kinobildes aus (mittlerer Wert $32 \cdot 10^{-4}$ sb; 1 sb = 1 Stilb = 1 NK/cm² = Lichtstärke einer „Neuen Kerze" senkrecht auf 1 cm² Fläche), so benötigt man beispielsweise für eine Schirmgröße von $34 \times 45 = 1530$ cm² einen Lichtstrom von $1530 \cdot 32 \cdot 10^{-4} \cdot \pi = 15{,}4$ Lumen. Durch die beschriebene Richtcharakteristik des Schirmes (starke Streuung in horizontaler Richtung, geringe in vertikaler) ergibt sich ein Gewinnfaktor von etwa 4, so daß man statt mit 15,4 vielleicht mit 4 Lumen auskommen würde. Setzt man aber andererseits die Verluste durch die Spiegelanordnung mit 50% an, so ergäbe sich bei Berücksichtigung dieses Faktors der mindestnotwendige Lichtstrom von 8 Lumen. Mit einem Sicherheitsfaktor von 100% ist dann schließlich der tatsächlich aufzubringende Lichtstrom 16 Lumen. Die in Achsrichtung erforderliche Lichtstärke ist $\frac{16}{\pi} \approx$ 5 Candela (= Neue Kerzen). Die Licht-

ausbeute von Leuchtstoffen, wie sie in modernen Hochleistungsprojektionsbildröhren verwendet werden, beträgt etwa 2,5 Candela je Watt verbrauchte Anodenleistung (siehe auch Bild 234), so daß in der Röhre etwa 2 W umgesetzt werden müssen. Ist nun die Anodenspannung

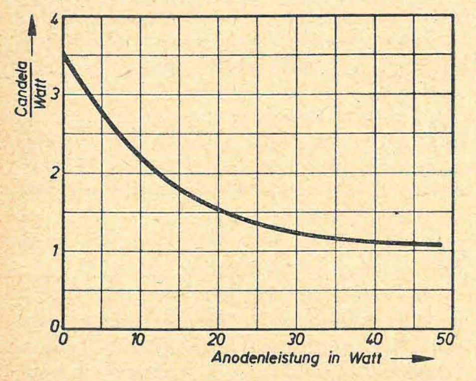


Bild 234: Nutzeffekt des Bildröhrenleuchtschirmes als Funktion der Belastung (Rasterfläche etwa 150 cm²)

25 kV, so ergeben sich für den Strom $I_a = 80\,\mu A$. Damit wird das Verhältnis $I_a/U_a = 3{,}2 \cdot 10^{-9}$.

Es ist eine Selbstverständlichkeit, daß bei diesen hohen Strahlstromstärken die Bildröhre gegen Einbrennen beim Ausfall eines oder gar beider Kippgeräte geschützt sein muß. Beim Ausfall eines Kippgerätes wird auf den Bildschirm ein Strich geschrieben, der infolge der hohen Strahlstromstärke in kürzester Zeit einbrennt. Beim Ausfall beider Kippgeräte konzentriert sich die gesamte Strahlenenergie in einem Punkt und brennt in wenigen Sekunden ein. Derart beschädigte Bildröhren sind natürlich unbrauchbar. Man muß dafür sorgen, daß bereits beim Ausfall eines Ablenkteiles die Bildröhre dunkel gesteuert wird. Die dafür geeignete Schutzschaltung (Bild 235) besteht aus einer direkt geheizten Röhre (zum Beispiel DAF 41), von deren Innenwiderstand das Potential am Wehneltzylinder und damit der Anodenstrom der Bildröhre abhängt. Die Röhre wird von einer Zusatzwicklung des Bildkippausgangstransformators geheizt. Gitterseitig liegt eine genügend hohe Sperrspannung von etwa —150 V über den Widerstand R_3 an der Röhre, die jedoch das Gitter, solange die Zeilenablenkung einwandfrei arbeitet, nicht sperren kann, weil es von den positiven Rückschlagimpulsen des Zeilenausgangstransformators offen gehalten wird. Die Impulse werden über die beiden Kondensatoren C_1 und C_2 dem Steuergitter zugeführt.

Fällt nun das Bildkippgerät aus, so ist die Röhre durch den sofortigen Wegfall der Heizspannung gesperrt (aus diesem Grunde ist eine direkt geheizte Röhre zu verwenden). Wenn das Zeilenkippgerät nicht arbeitet, so fehlen die positiven Rückschlagimpulse am Gitter der Röhre, wobei die negative Sperrspannung von —150 V wirksam wird und die Röhre ebenfalls sperrt. In beiden Fällen wird die positive Spannung, die über $R_2 + R_1$ (der DAF 41) am Helligkeitsregler R_4 liegt, unwirksam. Hierdurch verschiebt sich die Spannung an R_4 und damit am Wehneltzylinder auf einen hohen negativen Wert (etwa —120 V), der durch den Spannungsteiler $R_5 - R_6$ bestimmt wird und zur sofortigen Sperrung der Bildröhre führt.

Es darf nicht übersehen werden, daß bei derart hohen Anodenspannungen im Bereich zwischen 20 bis 80 kV störende Röntgenstrahlen auftreten. Ihre Intensität ist bei Heimprojektoren mit etwa 25 kV Betriebsspannung noch relativ gering, und man kann bereits mit ohnehin vorhandenen Abschirmblechen eine hinreichende Schwächung dieser für die Zuschauer und das Bedienungspersonal gefährlichen Strahlen bekommen. Bei wesentlich größeren Betriebsspannungen, die unter Umständen bis 80 kV betragen, müssen die Anlagen mit Blei gepanzert sein. Außerdem sollen unbedingt die Austrittsfenster für den projizierenden Lichtstrom mit bleihaltigen Gläsern hinreichender Dicke abgeschirmt sein.

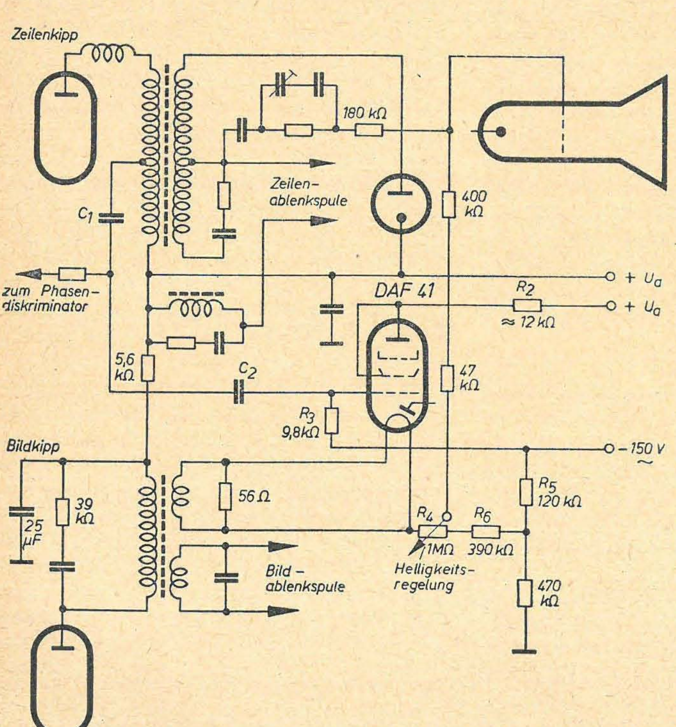


Bild 235: Schutzschaltung zum Verhindern des Einbrennens der Bildröhre bei Projektionsempfängern

17. Störungen des Fernsehempfanges

Störungen beim Fernsehempfang können auf der Sendeseite, auf dem drahtlosen Übertragungswege von der Antenne des Senders bis zur Antenne des Empfängers und in der Empfangsanlage selbst hervorgerufen werden.

Schon bei unsachgemäßer Bedienung bzw. Einstellung des Empfängers treten unangenehme Bildfehler auf. Stimmt man zum Beispiel auf eine zu hohe Frequenz ab, so werden die tiefen Frequenzen benachteiligt, und es tritt damit eine Beeinflussung der Synchronisierung ein. Dieser Fehler macht sich dadurch bemerkbar, daß im Fernsehbild die Zeilen ausgefranst erscheinen, außerdem tritt Plastik im Bild auf, die auch festzustellen ist, wenn der Empfänger nach den tiefen Frequenzen hin verstimmt ist. Wird die Verstimmung in Richtung auf den Tonsender zu besonders groß, so ist im Bild auch die Tomodulation deutlich zu erkennen. Das kann so weit gehen, daß das Fernsehbild völlig unkenntlich wird.

Die Ursachen für die sogenannten Geisterbilder können sehr verschieden sein. Nimmt der Empfänger die ausgesandten Bildsignale einmal auf dem direkten Wege zwischen Sende- und Empfangsantenne, und zum anderen auf einem Umwege über eine reflektierende Wand auf, so ergibt sich zwangsläufig eine zeitliche Differenz zwischen dem Eintreffen des direkten und des reflektierten Signals. Da das Auge empfindlicher in seiner Wahrnehmungsmöglichkeit ist als das Ohr, führt dieser Fehler zu äußerst unangenehmen Doppelkonturen auf dem Bildschirm. Abhilfe schafft hier in den meisten Fällen eine Korrektur der Antennenaufstellung oder Anbringung von Reflektoren und Direktoren sowie genaue Ausrichtung auf eine Empfangsrichtung (es kann sich dabei der Fall ergeben, daß die Ausrichtung auf den reflektierten Strahl bessere Empfangsverhältnisse ergibt als die Ausrichtung auf den direkten).

Die von außen her in das Empfangsgerät eindringenden hochfrequenten Störungen lassen sich nach Art der hervorgerufenen Störwirkung in folgende Gruppen unterteilen:

1. Störungen durch Störsender mit sinusförmigem Verlauf des Trägers,
2. Störungen durch HF-Therapiegeräte, die mit Anodenwechselspannung (also keinem gleichgerichteten Anodenstrom) arbeiten,
3. Funkenstörungen.

Die Störungen durch Störsender mit sinusförmigem Träger können durch Sender hervorgerufen werden, deren Grund- oder (eine) Oberwelle in den betreffenden Fernsehkanal fallen. Es kann sich dabei um Rundfunksender (UKW), Sender sonstiger Funkdienste, medizinische oder wärmetechnische HF-Geräte, Schweißgeneratoren und ähnliche Einrichtungen handeln, wenn die von der Postverwaltung vorgeschriebenen Bedingungen nicht eingehalten worden sind. Auch die Oszillatorausstrahlungen anderer Fernseh- und UKW-Empfänger sind hier als Störquellen hinzuzurechnen. Wird fortgesetzt

Zukunft und Grenzen kürzester Wellen

Prof. Dr. Fritz Schröter war einer der Pioniere der Fernsehentwicklung und der Arbeit auf kürzesten Wellen; er war bis Kriegsende Leiter der gesamten Forschung bei Telefunken. Bei Kriegsende befand er sich in der amerikanischen Besatzungszone. Von den amerikanischen Besatzungsbehörden wurde ihm zunächst jede Weiterarbeit auf seinem Gebiete untersagt; er durfte noch nicht einmal seinen Wohnort verlassen. Nach Aufhebung dieser Sperre ging Prof. Schröter nach Paris und trat in den Dienst der Firma Compagnie des Compteurs. Andere deutsche Physiker, wie Dr. Kleen und Dr. Lerbs, gingen zur Compagnie Générale de Télégraphie Sans Fil oder zur Compagnie Française Thomson-Houston, wie Dr. Hülster. Nach einigen Jahren wurden Professor Schröter und Dr. Kleen als ordentliche Professoren an das neugegründete Hochfrequenzinstitut der Universität in Madrid berufen. Prof. Dr. Kleen verließ Madrid bereits vor einigen Jahren und übernahm die Leitung der Röhrenentwicklung bei Siemens und Halske. Auch Prof. Dr. Schröter ist jetzt aus Madrid zurückgekehrt und als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsinstitut der Firma Telefunken tätig. Auf einer Pressekonferenz anläßlich der Hannoverschen Messe stellte sich Prof. Dr. Schröter der deutschen Öffentlichkeit wieder vor und hielt ein viel beachtetes Referat über Zukunft und Grenzen kürzester Wellen, aus dem wir nachstehend einen Auszug bringen.

Heinrich Hertz arbeitete bei seinen klassischen Versuchen Ende des vorigen Jahrhunderts mit Wellen von 100 bis 10 cm. Marconi, Braun usw. gingen, um Signale zu übertragen, zu immer längeren Wellen über. Es entstanden später die Großstationen wie Nauen und die Transradiostationen. Da sie mit langen Wellen arbeiteten, waren unter anderem große Generatoren und riesige Antennentürme erforderlich, welche die Anlage sehr verteuerten.

Durch Funkamateure, die herausfanden, daß man mit Kurzwellen ungewöhnliche Reichweiten erzielen konnte, trat eine Änderung ein. 1924 wurde die erste Funklinie auf dem 70-m-Band nach Argentinien geschaffen. Die Kurzwellenstationen erfordern jedoch einen ebenso großen Aufwand wie die Langwellenstationen. Die Zukunft der Transozeantelefonie dürfte ohne Zweifel dem Überseefernsprechkabel gehören. Solche Entwicklungen sind in den USA erfolgreich abgeschlossen. Ein mit 50 Röhrenverstärkern ausgerüstetes Kabel, das 35 Gesprächskreise enthält, wird 1957 in Betrieb genommen werden können. Die Verstärker sind mit Langlebensdauerröhren bestückt, für die 100000 Stunden pro parallel geschaltetes Röhrenpaar garantiert werden, was einer Betriebssicherheit von über 10 Jahren gleichkommt. Trotzdem gehört die Zukunft dem transistorbestückten Überseekabel; es wird weitgehend die Rolle der Kurzwellenstationen nach Übersee übernehmen und erlaubt eine dichtere Verstärkerfolge, so daß man mehr Gespräche oder breitere Bänder, zum Beispiel Fernsehen, übertragen kann.

Bereits in der Zeit von 1925 bis 1935 ging man dazu über, UKW-Röhrensender aufzubauen, die wegen ihrer hohen Frequenzen die gegebenen Träger für breitbandige Nachrichten waren, verwandte sie aber zunächst nur für die Multiplextelefonie und das Fernsehen. Als die geeignetste Modulationsmethode, die Frequenzmodulation, gefunden war, konnte man auch an den Aufbau des UKW-Rundfunks herangehen, was im wesentlichen aber erst nach dem zweiten Weltkrieg geschah.

Bereits im Kriege verwandte man die Richtfunktechnik (Dezimeterwellensender der Fa. Telefunken, Typ „Michael“ und „Rudolf“). Rund 2500 Anlagen waren in Betrieb und bildeten Richtfunkstrecken bis zu 2000 km Länge. Das Gesamtnetz hatte einen Umfang von über 70000 km. Stufen des weiteren Ausbaus dieser Technik sind: Zusammenschluß nationaler zu kontinentalen Richtfunknetzen für Fernsehen und Multiplextelefonie, Heranziehen des Dezimeterwellenbereichs für lokale Umsetzsender im Fernsehen zum Zwecke örtlich begrenzter Verstärkung des Bildsignals.

Das Erschließen einer Verteilungstechnik mittels leitungsgeführter Mikrowellen des Zentimetergebiets als Träger einer Vielzahl von Programmen wird später dem industriellen Fernsehen und dem Fernsehsprechen der Zukunft dienstbar gemacht werden. Sie sollte aber darauf abzielen, zunächst in großstädtischen Siedlungsblöcken mit Gemeinschaftsantennen das störfreie Zuführen mehrerer verschiedener Fernsehprogramme zu einer Vielzahl von Teilnehmern sowie gewisse Ansätze zu Vereinfachungen im Bildempfänger zu ermöglichen.

Von der 15-cm-Wellenlänge, wie sie bei den westdeutschen Richtfunkstrecken benutzt wird, ist man auf den Bereich von 7 bis 8 cm heruntergegangen. Man kann damit drei Fernsehprogramme (Bandbreite 5 MHz) oder 600 Gespräche übertragen. Es gibt auch schon eine Reihe von Verbindungen, die auf einer Wellenlänge von 3 cm arbeiten. Allerdings ist hier eine Grenze gesetzt. Noch kürzere Wellen werden durch den Wasserdampfgehalt der Luft und atmosphärische Trübungen (Wolken, Nebel, Schnee) stark absorbiert und zerstreut. Es gibt jedoch „spektrale Fenster“, die noch näher erforscht werden müssen. Die notwendige Verschärfung der Richtwirkung läßt noch kürzere Zentimeterwellen erwünscht erscheinen. Werden keine großen Reichweiten gefordert, zum Beispiel bei der Überwachung des Landefeldes, so kann man bis auf 8 mm heruntergehen (Taxi-Radar).

Diese Entwicklungen hängen vor allem auch von dem Stand der industriellen Herstellung von Laufzeitröhren ab. Während man bei 2000 und 4000 MHz (15 und 7,5 cm) noch Scheibentrioden verwenden kann, wird das Gebiet noch kürzerer Wellen durch das Magnetron beherrscht. Im 10000-MHz-Gebiet werden vor allem Klystrons und Wanderfeldröhren eingesetzt.

Bei der weiteren Entwicklung wird man mit einer gewissen Normierung beginnen müssen, damit die Entwicklungen nicht zu sehr nach verschiedenen Richtungen laufen. So darf zum Beispiel kein Überschwingen entstehen. Die Einschwingzeit über die ganze Strecke muß genormt sein, und die Laufzeit in den einzelnen Verstärkern muß auf wenige Mikrosekunden konstant gehalten werden. Um das Signal-Rausch-Verhältnis zu verbessern, wurden neben der Frequenzmodulation noch andere Modulationsarten, zum Beispiel die Impulsphasenmodulation, entwickelt. Bei der Impulszählmodulation kann man das Rauschen sehr stark herabmindern. Man erreicht hierbei 32 Amplitudenmöglichkeiten, die beim Fernsehen zum Übertragen aller Halbtöne genügen.

Zum Vermeiden von Empfangslöchern muß man Wellenumsetzer aufstellen. Um gegenseitige Störungen der Antennen auf den Dächern und Geisterbilder zu vermeiden, müssen Gemeinschaftsantennen errichtet werden, die alle Sender eines Bandes verstärken, so daß die Teilnehmer sich ihr Programm aussuchen können. Bei einer solchen Anlage kann man durch hohe Vorverstärkung bei den Heimempfängern Schaltelemente sparen. Durch Koaxialkabel oder Hohlrohrleitungen erhalten die Teilnehmer dann die Programme zugeleitet. So könnte man zum Beispiel einer Welle von 3 cm (oder auch 2 oder 1 cm) die verschiedenen empfangenen Programme, die man durch Frequenztranspositionen passend zueinander geschaltet hat, aufmodulieren. Als neuere Leitungen kommen Wendeldrahtleitungen, Harms-Bubo-Draht (Metalldraht mit einer Isolierschicht bestimmter Stärke) und dielektrische Hohlleiter aus sehr verlustfreiem Material, wie Polyäthylen oder Polystrol, in Frage. Eine solche Wellenführung längs dielektrischer Hohlrohre ist billig, der Generator (bei 3 cm ein Magnetron) ist auch nicht teuer. Der Empfänger braucht lediglich einen Diskriminatoreingang, um aus der Frequenzmodulation die einzelnen amplitudenmodulierten Videobänder zu erhalten, dann folgt die ZF-Verstärkung und die Diodengleichrichtung. Damit erhält man ohne allzu große weitere Verstärkung einen sehr guten Pegel. Das wird nach Jahr und Tag eine völlig neue Technik ergeben.

In der Radartechnik wird die 3-cm-Welle am meisten angewandt. Notwendig ist hier die Weiterentwicklung des Tastens mit sehr kurzen Impulsen, um die azimutale (horizontale) und die radiale Auflösung zu verbessern. Angestrebt wird eine Impulsdauer von $^1/_{100}\,\mu$s. Je kürzer die Welle, desto schärfer wird die azimutale Auflösung. Die Bündelung hängt vom Verhältnis der Öffnungsweite zur Wellenlänge ab. Wegen der atmosphärischen Absorptionserscheinungen kommen aber, wie schon erwähnt, kürzere Wellenlängen als $\lambda = 3$ cm nicht in Betracht. Wellenlängen unter 1 mm, wie sie zum Beispiel von der Quecksilberhochvakuumlampe ausgestrahlt werden, die sogenannten Reststrahlen, werden vorläufig noch nicht für die Nachrichtenverbindung benutzt. Interessant ist das Gebiet der Wärmestrahlen (λ = einige Mikron). Man hat Wärmequellen schon aus mehreren Kilometern Entfernung lokalisiert. Von Schiffen im Nebel werden die heißen Schornsteingase angepeilt, von Flugzeugen die Auspuffgase. Also keine Telefonie- oder Bildübertragung, sondern ein Erkennen von bestimmten Objekten infolge Eigenstrahlung.

Bekannt ist, daß man mit infraroten Strahlen telefonieren kann. Filtriert man das sichtbare Licht aus, so erhält man (die Strahlungsquelle sitzt im Brennpunkt eines Spiegels) einen unsichtbaren (modulierten) Strahl, der beim Empfänger in einem zweiten Spiegel, in dessen Brennpunkt ein Detektor sitzt, empfangen wird. Man wird vielleicht auch dazu kommen, infrarote Strahlen auszusenden, die von den Gegenständen reflektierten Strahlen wieder in einem Spiegel zu empfangen und sie auf einer Katodenstrahlröhre sichtbar zu machen. Die Schärfe der Auflösung entspricht dem sechsfachen Wert der Wellenlänge, so daß man bei der kurzen Wellenlänge scharfe Bilder erhält. Schon aus militärischem Interesse wird man hier eine weitere Entwicklung anstreben.

Bereits bei der 15-cm-Welle stellt sich manchmal ein Zerstreuungseffekt (scattering) ein. Unter bestimmten atmosphärischen Verhältnissen brechen und zerstreuen sich die Wellen an Inversionsschichten, so daß man bedeutende Überreichweiten — in Größenordnungen von 1000 km und mehr — erzielen kann. Man versucht herauszubekommen, ob man nicht doch mit einer raffinierten Empfangstechnik ein Nachrichtenübertragungssystem auf dieser Basis entwickeln kann.

Mit den modernen Mikrowellenröhren kann man sehr breite Frequenzbänder von 1000 MHz und mehr erzielen. Anderseits aber geht das Bestreben dahin, die Bandbreite auf ein Minimum herabzudrücken, da doch nicht genügend Wellen zur Verfügung stehen. Die moderne Informationstheorie läßt erkennen, daß man bei der Fernsehübertragung das Frequenzband sehr stark einengen kann. Hat der Empfänger eine Speichermöglichkeit, so können die Punkte, die sich nicht ändern, gespeichert werden. Man setzt dann jeweils nur die Änderung hinzu oder löscht sie aus. Dann könnte man das Frequenzband auf $^1/_3$ oder $^1/_4$ der Bandbreite reduzieren. Hierzu wären besondere Speicherröhren notwendig; das ganze Bild würde aber außerordentlich flimmerfrei und lichtstark werden. Die theoretischen Grundlagen des Verfahrens sind bekannt, aber noch ist das Verfahren nicht realisiert. Auch beim Farbfernsehen kann man durch die Speichermethode sehr viel gewinnen.

Fritz Kunze

Literaturkritik und Bibliographie

Horst Göbig, Günter Schöne,
Sieward Hülsmann

Fachkunde für Funkmechaniker

Teil I

VEB Verlag Volk und Wissen, 1955

420 Seiten, 478 Bilder, DIN C 5

Halbleinen 12,40 DM

Im Jahre 1953 erschien beim gleichen Verlag das Buch „Fachkunde für Frequenzmechaniker" Teil I.

Als ich im April 1954 über dieses Buch berichtete, hatte ich zahlreiche Beanstandungen und wünschte mir eine gründliche Überarbeitung in fachlicher Beziehung und eine Trennung des Teiles dieses Buches, der die mechanischen Bearbeitungsmaschinen behandelt, von dem elektrotechnischen Teil. Außerdem bemängelte ich damals das Wort „Frequenzmechaniker".

Jetzt ist das Buch „Fachkunde für den Funkmechaniker" erschienen und das bemängelte Buch aus dem Buchhandel verschwunden. Während das erste Buch nur 172 Seiten umfaßte, ist das neue Buch jetzt etwa zweieinhalbmal so stark und enthält nicht mehr den Teil über Bearbeitungsmaschinen.

Schon diese Änderung des Umfangs zeigt, daß eine völlige Neubearbeitung stattgefunden hat.

Jetzt kann man mit Recht sagen, dieses Buch ist das Lehrbuch für den Funkmechaniker, aus dem er die Grundlagen der Elektrotechnik erlernen kann.

Groß sind die Anforderungen nicht, die an den Leser in mathematischer Beziehung gestellt werden. Aber zahlreich sind die hinter jedem Kapitel eingestreuten Rechenbeispiele, durch deren Durcharbeitung sich der Schüler ein gutes Verständnis der elektrischen Gesetze und Erscheinungen erwerben kann.

Zahlreiche Abbildungen erleichtern diese Arbeit. Die Schaltbilder und Kurvendarstellungen sind gut, dagegen läßt die Wiedergabe der Fotos manches zu wünschen übrig, sie wirken meistens zu flau und zu kontrastlos; hier müßte der Verlag noch einiges verbessern.

Das Buch umfaßt jetzt 33 Themen, während das frühere Buch nur 13 Themen der Elektrotechnik behandelte.

Es führt den Leser, von der heutigen Vorstellung des Atomaufbaus ausgehend, in das Wesen und die Wirkungen der elektrischen Strömung ein. Die Grundgesetze des elektrischen Stromkreises von Ohm und Kirchhoff vervollständigen dieses Bild; Arbeit und Leistung im elektrischen Kreis, Wärmewirkung, chemische Wirkung und magnetische Wirkung runden es ab. Dann folgt die Behandlung des elektrostatischen Feldes einschließlich des Kondensators. Ein Kapitel über Gleichstrommeßtechnik gibt dem Schüler Gelegenheit, sich über die Möglichkeiten zu orientieren, die bisher kennengelernten Größen des elektrischen Kreises meßtechnisch zu erfassen. Ein Kapitel über die elektromagnetische Induktion und eines über Selbstinduktion und Gegeninduktion schließen den reinen Gleichstromteil des Buches ab.

Im folgenden 23. und den anschließenden Kapiteln werden der Wechselstrom und die verschiedenen Arten von Widerständen im Wechselstromkreis sowie die Leistung und Arbeit in einem solchen Kreis behandelt. Hierauf folgen die elektrischen Maschinen, der Transformator und die verschiedenen Arten von Gleichrichtern. Ein Kapitel über Wechselstrommeßtechnik schließt das Buch ab.

Im Vorwort des Buches werden Teil II mit der Schwingungstechnik und Teil III mit Elektronik, UKW- und Fernsehtechnik in Aussicht gestellt. Ich glaube, mit Recht sagen zu dürfen, daß ein Mechaniker, der das vorliegende Buch und die beiden folgenden, von denen wir hoffen wollen, daß sie mit gleicher Sorgfalt wie dieses erste verfaßt werden, durchgearbeitet hat, den Aufgaben gewachsen sein wird, die seiner in der Praxis harren.

Ich schließe meine Ausführungen über dieses Buch deshalb mit dem Wunsch, daß die Lehrer an den Berufs- und Fachschulen nun auch bemüht sein mögen, dieses Buch im Unterricht auszuschöpfen und dadurch unserem Mechanikernachwuchs eine solide Grundlage über die Elektrotechnik zu geben. Ich rufe diesen Lehrern zu: „Verlangen Sie von Ihren Schülern eine gründliche Verarbeitung aller gestellten Aufgaben und Fragen!" Die Mechaniker sind die Menschen, die die Gedanken der Forscher und Wissenschaftler in die Praxis umzusetzen haben. Ihre noch so sorgfältige Arbeit kann nur erfolgreich sein, wenn sie selbst über die nötigen Kenntnisse verfügen.

Der jetzt begonnene zweite Fünfjahrplan stellt unsere Industrie, Forschung und Wissenschaft vor größte Aufgaben auf dem Gebiet der Elektrotechnik. Da kommt dieses Buch gerade rechtzeitig genug, um die Ausbildung des Mechanikernachwuchses zu fördern.

Aber auch dem Mechaniker, der bereits ausgelernt hat, können wir nur raten, sich dieses Buch vorzunehmen und sorgfältig durchzuarbeiten, um dadurch seine Kenntnisse abzurunden und zu vervollkommnen. *Prof. Schröder*

Dipl.-Ing. A. Däschler

Elektrotechnik

Ein Lehrbuch für den Praktiker

2., verbesserte Auflage

Technischer Verlag Herbert Cram,

Berlin, 1956

214 Seiten, 266 Bilder

Das vorliegende Buch ist so aufgebaut, daß sich Anfänger ohne weiteres mit der Materie der Elektrotechnik vertraut machen können. Aber auch dem Facharbeiter kann es eine wertvolle Hilfe sein. Dieses Buch wird ebenfalls dem Lehrer der Berufsschule und dem Besucher der Volkshochschule gute Dienste leisten.

Der Inhalt umfaßt die Grundlagen der Elektrotechnik, des Magnetismus und der Induktion. Weiterhin behandelt der Autor die Wirkungsweise und Anwendung der Meßgeräte sowie die elektrischen Maschinen für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom. Ein anderes Kapitel befaßt sich mit Transformatoren, Verteilungsanlagen, Lichttechnik, Sammler, Umformung von Wechsel- in Gleichstrom durch umlaufende Umformer und über Kontaktgleichrichter, ein Abschnitt über Gleichrichter beschließt das Buch.

Dem Verfasser darf bestätigt werden, daß er mit dem Stoff vertraut ist, seine Mühe und Sorgfalt bei der Bearbeitung ist unverkennbar. Er hat es auch verstanden, zwischen Theorie und Praxis eine glückliche Synthese zu schaffen. Die Berechnungsbeispiele lockern den Stoff auf und tragen zum Verständnis bei. Als erfreuliche Tatsache ist zu verzeichnen, daß zum Verständnis des Buches das Wissen um die Elementarmathematik genügt. Die Vielzahl der Abbildungen und das Hervorheben der Hauptformeln erleichtern das Verstehen des Stoffes. Man hätte jedoch bei der Korrektur, da es sich hier letzten Endes um ein Lehrbuch handeln soll, die Skizzen eingehender überprüfen müssen. So zum Beispiel im Bild 20 auf Seite 18, wo zur Berechnung des Nebenwiderstandes anstatt 9,9 A 0,9 A stehen. Hierdurch können beim Anfänger Verwirrungen entstehen, die ihm das Verstehen erschweren. Es empfiehlt sich, bei einer Neuauflage nochmals alle Skizzen gründlich zu überprüfen, damit sich auch nicht solche Fehler einschleichen, wie zum Beispiel auf Seite 54, Bild 69: „Strom nach vornen fließen".

Im Kapitel „Abhängigkeit des Widerstandes von Temperatur", besser wäre hier gewesen von der Temperatur, ist zwar im 5. Beispiel der Widerstand des Leiters bei 20° C berechnet worden, jedoch verwendet der Verfasser zur Berechnung der Widerstandszunahme noch die alte Berechnungsart mit 15° C. Hier trifft hinsichtlich des Verständnisses das gleiche zu, wie für die Abbildungen.

Wenn auch einige Mängel genannt wurden, so muß trotzdem gesagt werden, daß dieses Buch viele gut dargestellte Erklärungen und Beschreibungen enthält und vor allem viele Beispiele aus der Praxis bringt, so daß es auf alle Fälle eine Bereicherung in der Reihe der Lehrbücher darstellt. *Papendieck*

Dieses Buch ist nur durch Kontingent über den zuständigen Kontingentträger zu beziehen.

Dr. S. D. Boon

Germanium-Dioden

Philips Technische Bibliothek —
Populäre Reihe

79 Seiten, 58 Bilder

Fast ein „Kochbuch" möchte man dieses an Umfang kleine Werk nennen, das die bekannte Tradition der Philips-Bücher, exakt und trotzdem fast immer gut verständlich und anschaulich zu bleiben, fortsetzt. Neben einer Einführung, die die historische Entwicklung und die Theorie der Halbleiterphysik gerade soviel streift, daß es für das grundsätzliche Verständnis ausreicht, werden die Unterschiede zwischen Kristall- und Röhrendioden sowie die besonderen Eigenschaften der Kennlinie von Kristalldioden (Vorhandensein eines Sperrstroms, annähernd linearer, für Gleichrichtung nicht brauchbarer Kennlinienbereich beiderseits vom Nullpunkt, Temperaturabhängigkeit) besprochen.

Nach den Grundbegriffen der Gleichrichtung werden alle wichtigen Kenndaten und erforderlichen Schaltelemente für Gleichrichterkreise mit Kristalldioden berechnet, wobei immer gleich auf die entsprechenden Typen der OA 70er-Reihe von Philips eingegangen wird: höchstzulässige Wechselspannung, die Rolle der Größe des Belastungswiderstandes, maximaler Gleichstrom als Funktion der Sperrspannung, also die sogenannte Reduktionskurve, Durchschlagsspannung usw.

Für den Praktiker sehr wertvoll sind die Hinweise für die Verwendung der Ge-Dioden als Demodulator für Hör- und Fernsehrundfunk. Hier wird die ausschlaggebende Bedeutung der Größe des Belastungswiderstandes für den Wirkungsgrad der Gleichrichterschaltung an Hand des Vergleiches mit Röhrendioden herausgestellt.

Die folgenden ausführlichen Kenndaten der OA 70, OA 71, OA 72, OA 73 und OA 74 sowie die Datentabelle der OA 50er- und 60er-Reihe sind für den Techniker in der Deutschen Demokratischen Republik nur von informatorischem Wert und können lediglich zu Vergleichen mit den entsprechenden Typen des VEB Werk für Bauelemente der Nachrichtentechnik „Carl v. Ossietzky" benutzt werden, da die Philips-Typen hier nicht zur Verfügung stehen.

Den Abschluß bilden einige Hinweise für die Anwendung der Ge-Dioden: Gleichrichter für nieder- und hochohmige Belastung, Meßgleichrichter, Videodetektor, Schwarzpegelübertragung, Begrenzer und anderes mehr. Interessant und nicht allgemein bekannt ist die Verwendung von Germaniumdioden zur Kontaktentstörung, zum Beispiel bei Niederspannungskollektormotoren, und zur Abfallverzögerung von Relais. Alles in allem: ein Hilfsbuch für die Praxis, das der verstärkten Anwendung dieser neuen Bauelemente sehr förderlich sein wird und bei der Wartung und Instandsetzung der mit ihnen bestückten Geräte gute Dienste leisten kann. *Kuckelt*

Dieses Buch ist nur durch Kontingent über den zuständigen Kontingentträger zu beziehen.

Röhren-Taschentabelle

5. Auflage, Franzis-Verlag, München

160 Seiten Tabellen und Sockelschaltungen

Das vielseitige Angebot an Röhrentabellen wurde um die 5. Auflage der Röhren-Taschentabelle des Franzis-Verlages erweitert, die gegenüber der 4. Auflage um 16 Seiten ergänzt und auf den letzten Stand gebracht wurde.

Sie führt die Röhren an, die bis Oktober 1955 in Deutschland, Österreich und in der Schweiz erschienen sind und die zur Bestückung von Rundfunkgeräten, Fernsehempfängern, Übertragungsanlagen und Meßgeräten dienen, sowie die entsprechenden Röhren für kommerzielle Dienste. Ferner wird eine große Zahl amerikanischer Röhren berücksichtigt.

Diese Tabelle ist nur durch Kontingent über den zuständigen Kontingentträger zu beziehen.

NEUAUFLAGE

Brzoska, Franz Dr. und Studienrat Walter Bartsch, *Mathematische Formelsammlung*. 2., verbesserte Auflage. 343 Seiten, 170 Bilder, DIN B 6, Kunstleder 7,80 DM. Fachbuchverlag Leipzig

Chronik der Nachrichtentechnik

Von Dipl.-Ing. HANS SCHULZE-MANITIUS

1895

Der Physiker und Radiotechniker Ferdinand Braun wird als Direktor des Physikalischen Institutes an die Universität Straßburg zurückberufen, wo er von 1880 bis 1883 bereits Physik gelehrt hatte.

1895

Der in den Vereinigten Staaten ansässig gewordene kroatische Physiker Nikola Tesla, der insbesondere ein tüchtiger Techniker war, baut eine Hochfrequenzmaschine, die Wechselstrom von 10000 Perioden lieferte. Er hatte sich schon lange Zeit zuvor mit besonderem Interesse den hochfrequenten Wechselströmen gewidmet und versucht, derartige Ströme unmittelbar maschinell zu erzeugen.

Tesla schlug weiter schon frühzeitig vor, ungedämpfte elektrische Schwingungen nach dem Verfahren der Schwebungen zu empfangen. Er wollte allerdings nicht, wie dies später geschah, die Schwebungen im Empfänger durch Überlagerung mittels eines Hilfssenders hervorbringen, sondern wollte im Sender zwei etwas voneinander verschiedene Wellen erzeugen, die bei ihrer Überlagerung hörbare Schwebungen ergeben sollten.

Tesla beschäftigte sich auch mit dem tönenden Lichtbogen (siehe 1903 — Poulsen).

1895

Guglielmo Marconi unternimmt auf dem Landgute seines Vaters in Bologna Versuche mit der Absicht, eine drahtlose Telegrafie auszubilden. Hierbei verwendete er Stangen mit Drähten und versuchte die verschiedensten Verfahren, bis es ihm gelang, mit Hilfe elektrischer Wellen Zeichen auf eine Entfernung von 3 km zu übertragen.

Er wandte hierbei grundsätzlich die gleiche Anordnung wie Popow an. Sein Sender war ein Hertzscher Oszillator in der von Professor Righi (dessen Vorlesungen Marconi besuchte) angegebenen Form. Marconi veränderte später seine Senderanordnung so, daß der Luftdraht und die Erdverbindung an die Stelle der beiden Hälften des Hertzschen Oszillators traten.

Marconi benutzte bei seinen Versuchen den Strahlapparat seines Nachbarn und Lehrers, des Professors Righi, der aus vier Messingkugeln bestand, die durch eine winzige Luftspalte voneinander getrennt und in Vaseline getaucht waren. Dieses Gerät schaltete er mit dem einen Pol an einen als Luftleiter benutzten Draht und mit dem anderen an eine geerdete Kupferplatte. Um die ausgesandten Zeichen festzustellen, hatte er das von Professor Branly stammende Frittergerät (siehe 1891) eingebaut, doch verwendete er statt der von Branly anfänglich benutzten Kohlekörner und der danach von ihm verwendeten Metallfeilspäne nach längerem Suchen eine Mischung von Nickel- und Silberpulver, die er in eine Glasröhre füllte und welche er an den Enden mit Silberamalgamstöpseln verschloß, die er in ihrer Entfernung zueinander verschieben konnte. Trotzdem blieb dieser Wellenanzeiger das schwächste Glied der ganzen Apparatur, da er zuweilen sehr gut arbeitete, dann aber wieder versagte. Zuerst waren die Wellen zu schwach, um den Empfangsmechanismus in Tätigkeit zu setzen, aber doch schon stark genug, um den empfindlichen Metallstaub im Fritter zu ordnen. Ein lokaler Batteriestrom konnte aber hindurchgeleitet werden, der nach Verstärkung durch ein Relais den Morseapparat in Tätigkeit setzte.

Bei diesem ersten Versuch gelang es ihm, wenigstens auf kurze Entfernung drahtlos zu telegrafieren. Unter dem Einfluß der Theorien von Hertz und Maxwell stehend, erkannte er schon damals die Eigenschaft dieser Wellen, Fernwirkungen hervorzurufen. Mit jugendlichem Eifer machte er sich daran, seine Idee auch praktisch durchzuführen. Hierbei kam ihm, wie er selbst betonte, der Umstand zustatten, daß er einen vermögenden Vater hatte.

Es gelang ihm, zwischen zwei Masten, die Drähte trugen, über eine Entfernung von einigen Meilen drahtlose Zeichen zu übertragen.

Nach diesen ersten Erfolgen siedelte Marconi nach England über, der Heimat seiner Mutter. Hier half ihm ein zweiter, seinem Unternehmen günstiger Umstand. Als er nach England kam, war gerade Preece, der Chefingenieur des englischen Haupttelegrafenamtes, auf der Suche nach einer neuen Methode des Telegrafierens, die eine Verbindung zwischen den im Meere stehenden Leuchttürmen und dem Festland ohne Drähte ermöglichen sollte. Marconi konnte seine Studien daher mit lebhafter Unterstützung Preeces fortsetzen und traf in England auch mit Professor Slaby und dessen Assistenten, Graf Arco, zusammen.

Die ersten Versuche Marconis waren sehr mühsam, aber er kam doch vorwärts und entwickelte seine Verfahren schrittweise zu einer immer größeren Leistungsfähigkeit. Unermüdlich war er mit Untersuchungen über die günstigsten Bedingungen für den Bau von Sendern und Empfängern und die Ausbreitung der elektrischen Wellen beschäftigt. Der Lohn für seine Arbeit blieb auch nicht aus, denn er wurde später Generaldirektor der englischen Marconi-Gesellschaft, die seine Patente verwertete, er wurde in Italien und in England geadelt, und eine ganze Reihe von Universitäten ernannte ihn zum Ehrendoktor. Seine erste Versuchsanordnung bestand aus einer senkrecht in die Luft geführten Sendeantenne, die kurz über der Erde eine Funkenstrecke enthielt, während die andere Seite der Funkenstrecke mit der Erde verbunden war. Diese für uns heute so selbstverständliche Erfindung war damals ein wesentlicher Fortschritt, weil es dadurch möglich wurde, die Antenne hoch emporzuziehen, während die eigentliche Sendeapparatur in der Nähe des Erdbodens bleiben konnte. Der Empfänger war ganz ähnlich hergestellt: Ein auf der einen Seite geerdeter Draht, der einen Kohärer enthielt, ragte hoch in die Luft empor. Marconi erkannte aber schon bald, daß es günstiger ist, die Funkenstrecke im Sender und den Kohärer im Empfänger aus der Antenne herauszunehmen, um die eigentliche Sende- und Empfangsapparatur durch Spulen mit den Antennen zu koppeln.

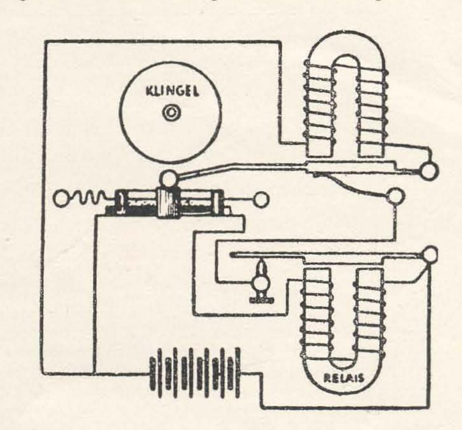
Später erfand er die nach ihm benannte geknickte Antenne, die eine gewisse Richtwirkung und insbesondere den Vorzug besaß, daß sie mit verhältnismäßig einfachen Hilfsmitteln auch für sehr große Energiemengen ausgeführt werden kann.

7. 5. 1895

Der russische Physiker Alexander Popow macht in Petersburg (Leningrad) Versuche mit drahtloser Telegrafie und legt an diesem Tage seine Erfahrungen mit den von ihm erfundenen Antennen der Russischen Physikalischen und Chemischen Gesellschaft in Petersburg vor. Er nannte den in die Luft gespannten Draht zum Auffangen der Wellen in der Art eines Blitzableiters nach dem lateinischen Wort „antenna“ = Segelstange (zoologisch: Insektenfühler). Er schloß seinen Vortrag mit der Hoffnung, daß sein Apparat nach seiner weiteren Vervollkommnung zur Signalübermittlung auf weite Entfernung mittels schneller elektrischer Schwingungen Anwendung finden könne.

Zum Nachweis der elektromagnetischen Schwingungen benutzte er einen aus einer Glasröhre bestehenden Kohärer (Fritter) mit zwei eingeschmolzenen Silberelektroden, zwischen denen sich eine etwa 2 mm dicke Schicht von lockerem Nickelfeilpulver befand, dessen Widerstand mehrere Tausend Ohm beträgt. Beim Einschalten des Kohärers in einen Stromkreis mit konstanter, zum Beispiel von einem galvanischen Element gelieferten Spannung fließt ein nur geringer Strom durch. Erfolgt jedoch zum Beispiel durch eine elektromagnetische Schwingung eine geringe plötzliche Spannungsschwankung, so sinkt der Widerstand des Kohärers stark ab, der hindurchfließende Strom steigert sich dadurch auf eine große Höhe und kann nunmehr ein Relais betätigen. Bei einer neuen Erschütterung des Kohärers verliert dieser abermals seine gute Leitfähigkeit.

Popows „Gewittermelder“ (siehe 1895) besaß nur einen aus Antenne, Kohärer und Erde bestehenden Schwingungskreis, dessen Kohärer über eine Relaiswicklung an eine Stromquelle angeschlossen war, an der über dem Relaiskontakt weiterhin eine elektrische Klingel so angebracht war, daß der Klöppel der Klingel den Kohärer erschüttern konnte. Wurde dieser Empfänger (s. Bild) von einer durch ein Gewitter ausgesandten elektromagnetischen Welle getroffen,



Schaltungsschema des Popowschen Empfängers

so sank der Widerstand des Kohärers stark ab, der durchfließende Strom schnellte entsprechend in die Höhe, betätigte nunmehr das Relais, schloß den Stromkreis mit der elektrischen Klingel, zog deren Klöppel an und ließ die Klingel ertönen. Da der Stromkreis der Klingel seinerseits dadurch wieder unterbrochen wurde, federte der Klöppel zurück und erschütterte nunmehr den Kohärer, wodurch dieser seine vorherige gute Leitfähigkeit wieder verlor und den Empfänger erneut zur Aufnahme neuer elektromagnetischer Schwingungen in Bereitschaft setzte.

Die Sowjetunion ehrte diese erstmalige Vorführung seines „Gewittermelders“ später dadurch, daß sie diesen Tag (7. Mai) als den „Tag des Rundfunks“ feiert.

17. 9. 1895

Johann Sigmund Schuckert (geb. 1846), der 1873 in Nürnberg eine elektrotechnische Werkstatt gründete, aus der die späteren Schuckertwerke hervorgingen, die sich 1903 mit den Siemens-Werken vereinigten, stirbt in Wiesbaden im 49. Lebensjahr.

Ende 1895

Guglielmo Marconi gelingt mit seinen beiden Assistenten zum ersten Male ein großes Experiment außerhalb der Experimentierstube in seinem Vaterhause: Er konnte mit seinem Sender in der Villa Griffone eine Verbindung mit der jenseits eines Hügels aufgestellten Empfangsstation herstellen. Damit wurden zum ersten Male drahtlose Zeichen zu einem Punkte übermittelt, der nicht mehr im Sichtbereich des Senders lag.

1896

Graf von Arco tritt, nachdem er die Technische Hochschule und die Universität besucht hatte, in das Laboratorium des Physikers Professor Slaby ein.

1896

Der russische Physiker Alexander Popow gibt das Schema seines Radioempfängers bekannt. Damit waren die Gedanken der Stammväter der Radiotechnik und der Elektrodynamik, von Faradey, Maxwell und Hertz, technisch konkret verwirklicht worden.

Popow erfuhr in diesem Jahre auch von den erfolgreichen Telegrafierversuchen Marconis mit elektrischen Wellen in England. Dies veranlaßte ihn, erneut seinem Lieblingsgedanken einer drahtlosen Telegrafie nachzugehen. Er stieß jedoch bei seinen vorgesetzten Behörden auf beträchtliche Schwierigkeiten, so daß er die Kosten seiner Versuche fast ganz aus eigenen Mitteln bestreiten mußte. Erst, als er hierbei Erfolge aufweisen konnte, wurde ihm auch Anerkennung gezollt (siehe 1898).

Dachschutz
Regenablaufkappen aus korrosionsbeständ., elast. Kunststoff f. Antennen-Mast, Dachschräge und -first. 4 div. Muster geg. Einsend. v. 20,— DM
Mauermann, Auerbach/V.

Radio- und sonstige
Reparaturkarten
KLOSS & CO., Mühlhausen (Thür.)
Ford. Sie unverbindlich Muster


Beschriften Sie Ihre Maschinen, Apparate, Geräte usw. (Firmenschild, Schutzmarke o. ä.) durch
Abziehbilder – Schiebebilder
VEB (K) Buch- und Werbedruck, Saalfeld (Saale)

Die **Ingenieurschule Mittweida**, Bez. Karl-Marx-Stadt, sucht zum 1. 9. 1956 erfahrene

Ingenieure und Konstrukteure

für die Fachgebiete der Fernmelde- und Hochfrequenztechnik als Lehrkräfte.

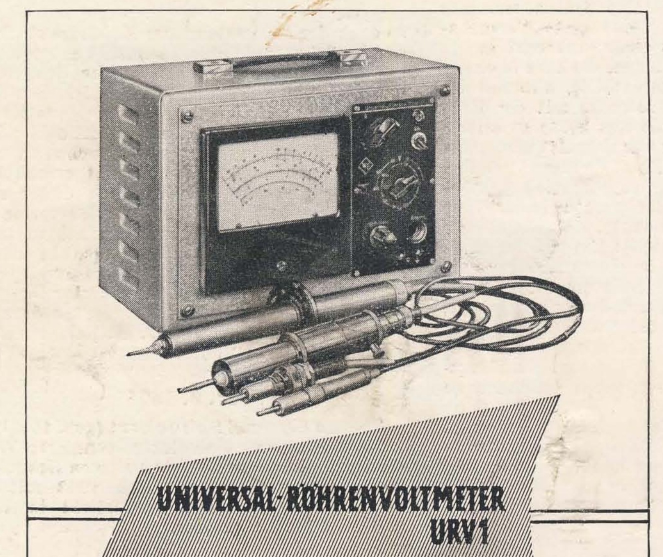
Weiter suchen wir für unsere Abteilung Technologie der Elektro-Feinwerktechnik erfahrene

Fertigungs-Ingenieure.

Bewerber mit Lehrbefähigung werden bevorzugt. Die Besoldung erfolgt nach der Dozenten-Besoldungsordnung. Interessenten wollen ausführliche Bewerbung an die Kaderabteilung der **Ingenieurschule Mittweida, Bezirk Karl-Marx-Stadt**, richten.



Wir fertigen 10 verschiedene Eisen- und Rohrbiegeapparate!
MORITZ PERTHEL, Spezialfabrik für Biegeapparate
Gera 12, Schließfach III/315



0 Hz und 30 Hz bis 230 MHz
mit Hochspannungstastkopf TR 1 bis 25 kV

Für Rundfunk und Fernsehservice, für Laboratorien und Prüffelder sowie kommerzielle Funkanlagen.



VEB WERK FUR FERNMELDEWESEN
Berlin-Oberschöneweide, Ostendstraße 1–5


ADOLF FALCKE · Apparatebau
Berlin W 8, Markgrafenstr. 58, Ruf 202064
Elektrische Meß- und Prüfgeräte
liefert kurzfristig:

LCR-Meßgeräte	**Röhrenvoltmeter**
R-Meßgeräte	**Tongeneratoren**
C-Meßgeräte	**UKW-Wellenmesser**
Scheinwiderstands-meßgeräte	**RC-Generatoren**
	UKW-Generatoren
Diodenvoltmeter	**Auto-Einbau-Amperemeter**
Megohmmeter	**HF-Meßgeneratoren**

Bitte fordern Sie unser Angebot an!

Wir fertigen ohne besondere Anpassungsschwierigkeiten

UKW-ANTENNEN
FS-ANTENNEN aller Art



Buchmann, Schulze & Co.
DESSAU, Stenesche Straße 12

PRESSLER
DGL
PHOTOZELLEN
GLIMMLAMPEN
STABILISATOREN
BLITZRÖHREN